

유전자들의 상호작용 분석을 위한  
통계학적 방법의 개발

연세대학교 대학원  
의학전산통계학협동과정  
의학통계학전공  
박 찬 미

유전자들의 상호작용 분석을 위한  
통계학적 방법의 개발

지도 남 정 모 교수

이 논문을 박사 학위논문으로 제출함

2006 년 12 월 일

연세대학교 대학원  
의학전산통계학협동과정  
의학통계학전공  
박 찬 미

# 박찬미의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

연세대학교 대학원

의학통계학 전공

2006년 12월 일

# 목 차

국 문 요 약.....	v
제 1 장 서 론.....	1
1.1 연구배경 및 필요성.....	1
1.1.1 연구배경.....	1
1.1.2 연구의 필요성.....	2
1.2 연구목적.....	4
제 2 장 연구방법.....	5
2.1 Epistasis.....	5
2.2 기존 방법.....	6
2.2.1 CPM(Combinatorial Partitioning Method).....	9
2.2.2 RPM(Restricted Partition Method).....	11
2.2.3 패턴화와 혼합모형.....	12
2.3 제안 방법.....	14
2.3.1 단계 1: 다단계 집단화를 통한 다중유전자형 분할형태 규명.....	14
2.3.2 단계 2: 유사유전자형으로 정의된 유전자집합의 평가.....	19
2.3.3 단계 3: 관련성에 대한 추론 및 최량 유전자집합 선택.....	22
2.4 모의실험 연구.....	26
2.5 사례 연구.....	31
제 3 장 연구결과.....	33
3.1 모의실험 연구.....	33
3.1.1 검정력과 제1종 오류.....	33
3.1.2 최량 유전자집합 규명.....	37

3.2 사례 연구.....	39
제 4 장 고찰 및 결론.....	46
참고 문헌.....	51
부록.....	55
부록1 - 제안방법 프로그램 코드 (SAS/Macro).....	55
부록2 - 모의실험 분석 결과.....	67
부록3 - 사례 분석 결과.....	83
<b>ABSTRACT</b> .....	91

## 표 목 차

[표 1] 기호 정리 .....	16
[표 2] CGC자료의 유전자 정보 .....	32
[표 3] 이요인 epistatic 상호작용 모형 적용 결과 .....	35
[표 4] 삼요인 epistatic 상호작용 모형 적용 결과 .....	36
[표 5] 최량 유전자집합 .....	37
[표 6] Carotid AI와의 관련성이 유의한 유전자집합.....	41
[표 7] (APM1,ADD1,APOA5)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포 .....	42
[표 8] (APM1,ADD1,AGER)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포 .....	43
[표 9] (APM1,ADD1,GNB3,ACE)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포 .....	44
[표 10] (MTHFR,ADD1,ADRB2,MMP9)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포 .....	45

## 그림 목 차

[그림 1] 제안방법 단계 .....	15
[그림 2] 제안방법 실행 과정 .....	25
[그림 3] 이요인 바둑판모형 및 유사유전자형의 양적형질 분포.....	27
[그림 4] 이요인 대각모형 및 유사유전자형의 양적형질 분포.....	27
[그림 5] 삼요인 바둑판모형 .....	28
[그림 6] 삼요인 대각모형 .....	29
[그림 7] 모의실험에서 AICc의 경험적 귀무가설 분포.....	34

## 국 문 요 약

# 유전자들의 상호작용 분석을 위한 통계학적 방법의 개발

인간의 복합질환의 원인에는 여러 개의 유전요인과 환경요인들이 독립적 또는 상호적으로 작용하고 있다. 관심질환과 관련된 다른 유전자에 위치하는 표식자들의 집합을 찾아내거나 서로 다른 유전자의 표식자들을 동시에 분석하는 방법이 중요시 되고 있다. 하지만, 관심형질과의 관련성을 밝혀내기 위해 실제로 적용이 가능한 분석방법이 많지 않다. 특히 관심형질의 형태가 연속형 수치인 양적형질을 분석하기 위한 방법은 더욱 그러하다. 이 논문에서는 양적형질과 관련된 유전자-유전자 상호작용의 형태를 규명하기 위한 새로운 분석방법 제시한다. 첫번째 다단계 집단화 과정을 통해 모든 유전자 조합들의 유사유전자형을 정의하고, 두번째 양적형질에 대한 모형화를 통해 유전자집합마다 모형적합도를 나타내는 수정된 Akaike의 정보기준(AIC<sub>C</sub>)을 산출한다. 마지막으로 순열검정을 통해 유의한 관련성(association)이 있는 유전자집합을 결정한다. 유의한 유전자집합 중 AIC<sub>C</sub>가 가장 작은 집합을 최량의 유전자집합으로 결정한다. 모의실험 결과를 통해 제안방법이 epistatic 상호작용 형태로 양적형질과 관련된 유전자집합을 찾아내는 능력이 좋음을 확인할 수 있었다. 또한 연세의료원 심혈관유전체센터에서 수집된 고혈압 환자 자료에 적용하여, 관상동맥질환의 후보 SNP 10개와 양적형질인 Carotid Augmentation Index의 관련



성을 분석하였다. 동시에 고려하는 유전자를 2개에서 5개까지 증가시키며 적용한 결과, 2개의 삼요인 상호작용과 2개의 사요인 상호작용 유전자집합의 유의성을 확인하였다. 최량의 유전자집합은 4개의 유전자(APM1 T45G, ADD1 G460W, GNB3 C835T, ACE ID)로 구성된 집합으로 4개의 유사유전자형으로 축소됨을 알 수 있었다.

---

핵심어 : 복합질환, 양적형질, 유전자-유전자 상호작용, 다중유전자형

# 제 1 장 서론

## 1.1 연구배경 및 필요성

### 1.1.1 연구배경

인간의 복합질환(complex disease)의 원인에는 여러 개의 유전요인과 환경요인들이 독립적 또는 상호적으로 작용하고 있다(Weeks and Lathrop 1995). 지난 20년 간, 고혈압, 당뇨병 등과 같은 복합질환들의 발병률은 꾸준히 증가해서 이제는 임상적으로도 사회, 경제적으로도 주요한 문제가 되고 있다. 따라서 이러한 복합질환들의 유전적인 원인을 규명하는 일은 질병의 발생을 이해하고 예방, 진단 및 치료방법을 발전시키기 위해 매우 중요하다(Risch 2000). 20세기 초부터 복합질환의 민감성(susceptibility)과 관련되어 있는 유전자들을 찾아내기 위해 다양한 노력이 있어왔다. 그러한 노력의 결과로 많은 연구결과가 발표되었고, 그 중 유전자-유전자 및 유전자-환경인자 상호작용이 복합질환에 직접적으로 관여하거나, 복합질환의 위험인자에 영향을 끼쳐 간접적으로 질환에 관여하고 있음을 밝혀낸 연구결과도 있다(Risch, Spiker et al. 1999; Risch 2000; Carrasquillo, McCallion et al. 2002; Nicolae and Cox 2002; Olson, Goddard et al. 2002; Hoh and Ott 2003; Thornton-Wells, Moore et al. 2004). 또한 하나의 형질과 공통적으로 관련되어 있거나, 단독으로는 영향을 끼치지 않지만 결합분석 했을 때 영향을 끼치는 유전자들이 밝혀지기도 했다(Kuida and Beier 2000; Williams, Addy

et al. 2000; Hsueh, Cole et al. 2001; Barlassina, Lanzani et al. 2002; Aston, Ralph et al. 2005; Roldan, Gonzalez-Conejero et al. 2005). 따라서 관심질환과 관련하여 서로 다른 유전자에 위치하는 표식자(marker) 집합을 탐색하거나 또는 서로 다른 유전자의 표식자들을 동시에 분석하는 접근법이 중요시 되고 있다. 그러나 이제까지의 관련성 연구(association study)에서 사용된 대부분의 방법은 한번에 한 개의 표식자와 관심형질의 관련성을 평가하는 것이다. 이러한 방법은 민감유전자가 다른 유전자와는 독립적으로 관심형질의 변동에 기여를 하고 있다는 가정을 만족할 때 적절하다. 한 개의 유전자와 관심형질의 관계만을 분석하는 방법은 형질의 변동을 결정하는데 있어 단일유전자의 영향보다 여러 개 유전자의 효과가 함수적인 형태로 더 큰 역할을 할 수 있다는 가능성을 무시하는 것이다(Hoh, Wille et al. 2001; Nelson, Kardia et al. 2001).

### 1.1.2 연구의 필요성

인간의 유전자 정보가 증가하면서 많은 연구자들이 상호작용을 하는 유전자에 대한 연구의 중요성을 언급한다. 하지만, 관심형질과의 관련성을 밝혀내기 위해 실제로 적용이 가능한 분석방법은 그리 많지 않다(Heidema, Boer et al. 2006). 전통적인 분석방법은 회귀모형을 이용하는 것이다. 단일유전자효과 및 유전자간 상호작용 효과를 독립변수로 하여 관심형질의 특성에 따라 로지스틱 회귀분석 또는 다중회귀분석을 적용할 수 있다. 이러한 방법에서는 유전자의 수가 증가할수록 추정해야 할 모수(parameter)가 급격히

증가한다. 두 개의 allele를 갖는 SNP(single nucleotide polymorphism) 3개에 대한 회귀모형을 가정하자. 이때 특정한 유전적 모형(genetic model)을 가정하지 않는다면, 세 개의 SNP은 각각 2개의 가변수(dummy variable)로, 세 개의 이요인 상호작용항은 각각 4개의 가변수로, 한 개의 삼요인 상호작용 항은 8개의 가변수로 표현되어 총 26개의 독립변수가 가변수 형태로 포함된다. 즉, 동시에 고려해야 할 유전자의 개수가  $S$  일 때  $(3^S - 1)$ 개의 가변수가 필요하므로 유전자의 수가 증가할수록 추정해야 할 모수의 수는 기하급수적으로 늘어나게 되어 추정이 힘들거나 불가능하게 된다.

여러 개의 유전자를 동시에 분석하는 접근법 중 최근 주목되는 두 개의 방법이 발표되었다. 이를 시작으로 epistatic 상호작용을 밝혀내기 위한 통계적 방법에 대한 모색이 이어지고 있다. 하나는 Ritchie et al(2001, 2003)가 제안한 Multifactor Dimensionality Reduction(MDR)방법으로 이분형 형질에 대해 유전자-유전자 및 유전자-환경인자 상호작용을 찾아내고 특성화 시킨다. 다른 하나는 Nelson et al(2001)이 제안한 Combinatorial Partitioning Method(CPM)으로, 양적형질의 변동에 기초하여 다중유전자형의 가능한 모든 분할집합을 평가하고, 일정한 최적의 조건을 만족시키는 분할집합만 남겨두는 방법이다. 두 방법 모두 고차원의 유전자-유전자 상호작용을 형질의 분포를 기준으로 유사유전자형으로 집단화하여 저차원의 상호작용 형태로 축소시키고, 최적의 유전자집합을 결과로 도출시킨다. 그러나 MDR의 경우에는 실제 분석에 많이 이용되고 있으나 환자-대조군 연구 형태의 이분형 형질에 국한되었고, CPM은 실질적으로 이요인 상호작용에 대한 분석만 가능하다.

## 1.2 연구목적

이 논문에서는 양적형질과 관련된 유전자-유전자 상호작용의 형태를 규명하기 위한 새로운 통계학적 방법을 제안한다. 유전자간 상호작용의 형태로 양적형질을 예측하는 유전자집합을 찾아내기 위해 제안방법을 적용하면, 우선 다단계 집단화 과정을 통해 모든 유전자 조합들은 양적형질의 변동에 기초하여 유사유전자형으로 재구성된다. 유사유전자형들은 서로 다른 평균과 분산을 가정하여 양적형질을 예측하는 이분산모형(heterogeneous variance model)에 포함되고, 각 유전자 조합마다 모형적합도를 나타내는 수정된 Akaike의 정보기준(Corrected Akaike's Information Criteria,  $AIC_C$ )이 계산된다.  $AIC_C$ 는 유사유전자형으로 재구성된 유전자집합의 예측력을 평가하는 기준으로 사용된다. 모든 조합의 유전자집합마다 순열검정 단계를 통해 양적형질과의 관련성을 평가하기 위한 유의확률을 얻게 된다. 이로써 유의수준보다 작은 유의확률값을 갖는 유전자집합을 양적형질과 관련성 있는 집합이라 판단하고, 이 중  $AIC_C$ 가 가장 작은 유전자집합이 양적형질과 가장 관련성이 높은 최량(best) 유전자집합이라 결정하게 된다. 모의실험을 통해 제안방법이 유전자간 상호작용 형태로 양적형질과 관련된 유전자집합을 찾아내는 능력이 좋음을 증명하려 한다. 또한 연세의료원 심혈관유전체센터에서 수집된 고혈압 환자 자료에 적용하여 Carotid Augmentation Index(Carotid AI)와 유의한 관련성이 있는 유전자집합과 가장 예측력이 좋은 최량의 유전자집합을 찾아내려 한다.

## 제 2 장 연구방법

### 2.1 Epistasis

Epistasis의 사전적 해석은 “위에 서다(Standing upon)” 또는 “하나의 유전자의 효과가 다른 유전자 효과를 덮어버리다”로, 유전학에서는 유전자 변이의 일부분이 다른 유전자 변이에 영향을 받는 상황을 뜻한다. 이는 epistatic 상호작용(epistatic interaction) 또는 유전자-유전자 상호작용(gene-gene interaction), 유전자간 상호작용(genes interaction), interlocus 상호작용(interlocus interaction)으로 표현되기도 한다. 이러한 개념은 Bateson(1909)이 실제 관측된 표현형의 비율과 멘델의 유전비율의 차이를 설명하면서 소개되었다(Phillips 1998). 그 예로 모발색 형질과 관련된 두 개의 유전자 B (B, b allele)와 G (G, g allele)의 상호작용을 들었는데, 유전자 G의 유전자형이 g/g일 경우, 유전자 B가 B/B, B/b 유전자형이면 검은색 모발로 나타나고, b/b 유전자형이면 흰색 모발로 나타났다. 그러나 유전자 G의 유전자형이 G/G, G/g인 사람의 모발색은 유전자 B와 상관없이 회색이었다. 유전자 G의 효과가 부분적으로 유전자 B의 효과를 덮어버린 것이다. 이러한 Bateson의 정의는 생물학에 기초한 해석인 반면, Fisher는 다음과 같은 통계적 모형으로 epistasis를 설명하였다(Cordell 2002).

$$y = \mu + a_1x_1 + d_1z_1 + a_2x_2 + d_2z_2 + i_{aa}x_1x_2 + i_{ad}x_1z_2 + i_{da}z_1x_2 + i_{dd}z_1z_2$$

양적형질  $y$  의 평균  $\mu$  에 두 개 유전자 1과 2의 additive effect( $a_1, a_2$ )와 dominance effect( $d_1, d_2$ )가 더해진 모형에  $\{i_{aa}, i_{ad}, i_{da}, i_{dd}\}$ 항을 추가하여 epistatic 상호작용의 효과를 추정하였다(여기서  $x_i$  와  $z_i$  는 유전자  $i$  의 유전자형을 나타내는 가변수이다).

아직까지 생물학적 epistasis와 통계학적 모형과의 관계는 명확하지 않다. 그러나, 유전자 조절과정의 생체분자작용과 생화학 및 대사구조의 편차는 DNA 상의 변이들이 임상적 형질로 나타나는 과정에 유전자간 상호작용이 관여하고 있음을 추론하게 한다. 또한 단일 유전자만을 연구한 연관성(linkage) 및 관련성 분석결과의 신뢰성이 낮은 이유도 유전자간 상호작용을 무시함으로써 분석모형의 검정력이 낮아졌기 때문이다. 따라서 epistasis는 복합질환 및 형질의 유전적 구조를 밝히는데 반드시 포함되어야 할 요소이다(Moore 2003).

## 2.2 기존 방법

유전자간 상호작용을 설명하기 위해 Fisher가 사용했던 모형처럼 양적형질과 관련하여 보편화된 방법이 회귀분석이다. 그러나 회귀분석 모형의 단순성과 해석의 편리함은 선형성을 가정함으로써 생긴다. 변수들 간의 관계가 복잡한 비선형을 가지는 경우에는 최적의 모형을 찾아내기가 쉽지 않다. 특히, 고차원 상호작용을 모형에 적용시키거나 낮은 빈도의 allele를 지닌 유전자가

모형에 포함되면, 모수의 추정이 불가능해진다. 따라서 주효과에 비해 유전자-유전자 상호작용의 효과가 크게 작용하는 복합질환의 특성을 설명하기에는 회귀분석방법은 많은 한계를 지닌다. Foulkes et al.(2005)은 심혈관계질환의 위험도 평가를 위해 4개 SNP를 분석하는 연구에서 군집분석을 통한 차원축소와 혼합모형(mixed model)의 접근을 결합시켰다. 이 접근법은 혼란변수(confounding variable)의 통제가 가능하고 유전자-유전자 및 유전자-환경인자 상호작용을 통계적 모형화를 통해 밝혀낼 수 있다. 하지만, 분석의 대상이 되는 유전자가 많은 경우 구체적인 사전작업 및 실행에 대한 내용이 분명하게 제시되지 않았다. 이러한 모수적인 방법에 대한 대안으로 데이터마이닝 방법을 이용한 접근법이 발전하고 있다. 최근 제안된 데이터마이닝 접근법 중 양적형질을 대상으로 하는 것은 Combinatorial Partitioning Method(CPM)이다. CPM은 양적형질에 대한 연구에서 고차원 상호작용을 포함하는 유전자들을 찾아내기 위해 고안된 비모수적 방법이다(Nelson, Kardia et al. 2001). 유전자 조합마다 가능한 모든 다중유전자형의 분할집합을 검정하여 최량의 분할형태를 찾아낸다. 그러나 앞서도 지적한 바와 같이 유전자 3개의 조합만 되도 검정해야 할 분할형태의 수가  $3^{21}$  개가 되어 실질적인 적용이 불가능하다. 또한 신뢰도 측정방법으로 다향교차타당성(multifold cross-validation) 방법을 이용하고 있다. 그러나 다향교차타당성은 자료의 수가 적을 때 적절하지 못한 방법이다. 특히 allele 빈도가 낮은 유전자들의 조합에 적용하면, 훈련자료에는 존재했던 다중유전자형의 관측치가 평가자료에서는 존재하지 않는 경우가 빈번하게 발생하게 되어 예측능력을 과소추정하게 된다. 그럼에도 유전자들의 다중유전자형을 양적형



질의 변동을 가장 잘 설명하는 유사유전자형들의 집합으로 재구성하고, 신뢰성 평가를 통해 최량의 유전자집합을 찾아낼 수 있고, 주효과가 존재하지 않는 유전자들간의 상호작용 형태도 규명할 수 있는 개념을 제안했기에 높은 가치를 지닌다(Heidema, Boer et al. 2006). (Culverhouse, Klein et al. 2004))는 Restricted Partition Method(RPM)을 제안하였다. RPM은 CPM의 막대한 계산량이 불필요하다는 동기에서 고안된 방법으로 유사유전자형 내 양적형질의 변동과 유사유전자형의 수를 최소화 하면서 유사유전자형 간 양적형질의 변동을 최대화 하는 분할형태를 찾아내는데 목적이 있다. RPM은 전진적 변수선택법과 유사한 방법으로 양적형질의 평균의 차이가 적은 유전자형을 병합하여 모든 유전자형집합간의 평균차이가 유의할 때 병합과정을 마친다. 따라서 CPM과 비교해 낮은 복잡도(complexity)를 지닌다. 유전자형이 합쳐질 때 마다 다중유전자형의 수가 하나씩 줄어들어 최대 ('유전자형 수' - 1) 번만 계산하면 되므로 효율적이다. 그러나 이후에 다른 다중유전자형의 추가로 인하여 앞서 병합된 다중유전자형의 이질성이 높아지더라도 다시 분할되지 못한다는 문제점이 있다. 또한 평균의 차이만을 고려하기 때문에 관측치가 하나인 유전자형은 독립적인 유전자형으로 남겨지는 결과가 빈번히 나타난다.

본 논문에서 제안하는 방법은 CPM과 RPM의 분할모형 개념과 Foulkes의 제안 단계에서 동기를 얻어 개발되었다. 따라서 이 세가지 방법을 자세히 설명하고자 한다.

## 2.2.1 CPM(Combinatorial Partitioning Method)

CPM은 크게 세가지 단계를 거쳐 다중유전자의 최적분할형태를 규명한다. 첫 번째 단계는 상태공간을 찾아서 평가하는 과정이다. 우선  $l$  개의 유전자에서  $m$  개를 추출한다. 그러면 조합수는  ${}_l C_m$  가 되고 이들로 이루어진 부분집합  $M$  에서  $m$  개 유전자의 유전자형의 분할형태를 규명한다. 2개의 allele로 이루어진 유전자  $m$  개에서 나올 수 있는 다중유전자형의 수는 최대  $g_M = 3^m$  이다. 이를  $k$  개의 구역으로 나눈 가지수는 다음과 같이 계산된다.

$$S(g_M, k) = \frac{1}{k!} \sum_{i=0}^{k-1} (-1)^i \binom{k}{i} (k-i)^{g_M} .$$

상태공간을 평가하기 위해, 다중유전자형의 분할집합  $K$  의 목적함수를 전체표본평균과 분할내평균의 차이 제곱합( $SS_K$ )으로 선택한다. 유전자형분할 내 표현형이 유사할수록, 다른 분할의 표현형과는 유사하지 않을수록  $SS_K$  의 값은 커진다. 그러나  $SS_K$  는  $k$  가 커질수록 값이 커지는 단점이 있어 다음과 같이 보정하여 사용한다.

$$\begin{aligned} S_K^2 &= \sum_{i=1}^k \frac{n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{n} - \frac{(k-1)}{n} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{n-k} \\ &= \frac{SS_K}{n} - \frac{(k-1)}{n} MS_W \end{aligned}$$

여기서  $n$  은 전체표본자료의 수,  $\bar{Y}$  는 양적형질의 전체평균,  $n_i$  와  $\bar{Y}_i$  는 각각  $i$  번째 분할의 관측치 개수와 평균,  $Y_{ij}$  는  $i$  번째 분할의  $j$  번째 개인의 양적형질이며,  $MS_w$  는 다중유전자형분할 내 편차제곱의 평균이다. 분할집합들의 비교를 위해  $S_K^2$  의 비율인  $pv_K = S_K^2 / (S_K^2 + MS_w)$  를 사용한다. 유전자형분할 집합들 중에서 제외될 집합을 선택하는 기준으로  $MS_K / MS_w > F_{(\alpha; k-1, n-k)}$ , F통계량을 사용한다. CPM방법은 분할내, 분할간 제곱합에 기초한 방법이기 때문에 원소가 적게 포함된 분할은 적합하지 않다. 따라서 분할의 원소수에 하한치를 정하도록 한다. 두 번째 단계는 다항교차타당성(multifold cross-validation)을 이용하여 다중유전자형의 분할 집합들을 평가하는 것이다. 이 방법은 전체 자료를 여러 개의 그룹으로 나눈 뒤, 첫 번째 그룹이 제거된 나머지 자료로 예측모형을 세운다. 그리고는 제거된 하나의 그룹에 모형을 적용시켜 타당성을 검정하는 통계량을 구한다. 이러한 과정은 모든 그룹이 한번씩 제거될 수 있도록 그룹 수만큼 반복된다. 한번 수행 할 때마다 계산된 분할내 예측 제곱합값을 합하면 다항교차타당성 분할내 예측제곱합이 계산된다. 전체 자료를 그룹으로 나누는 과정에서 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위해, 동일한 과정을 일정 수 만큼 반복하여, 분할내 예측제곱합의 평균을 구하고 이를 교차타당성 추정값( $SS_{w,CV}$ )이라 정의한다. 교차타당성 추정값은 유전자형분할 집합의 예측능력을 판단하는데 사용된다. 분할집합들 간 차이의 제곱합도  $SS_{K,CV} = SS_{Total} - SS_{w,CV}$  로 재정의 하여  $pv_{K,CV}$  를 계산한다.  $pv_{K,CV}$  가 클수록 다중유전자형의 분할집합  $K$  의 예측력이 높다고 할 수 있다. 세 번째 단계

는 유전자형분할 집합에서 최량의 집합을 선택하고 표현형의 변동과 유전자에 따른 변동의 관계를 추론하는 마지막 과정이 된다. CPM은 여러개의 유전자들의 다양한 조합을 고려하므로 자료 내에서는 최량의 다중유전자형 분할모형을 찾아낼 수 있다. 또한 여러 유전자들을 동시에 고려한 유전자형들을 소수의 구역으로 재조합 하므로 상호작용을 모형화 함에 있어 과다 모수의 발생을 피할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 동시에 고려할 유전자 수가 많아지게 되면 다중유전자형 분할의 가짓수가 무한히 커져서 계산이 불가능하다는 단점이 있다.

### 2.2.2 RPM(Restricted Partition Method)

RPM은 CPM과 마찬가지로 여러 개의 유전자 정보를 양적형질의 분포에 근거하여 저차원 형태로 표현하기 위한 접근법 중 한가지이다. RPM의 목적은 유전자형 내의 변동과 유전자형 간의 변동의 차이를 극대화 시키는 다중유전자형 분할 형태를 찾아내는데 있다. 첫 번째 단계에서 유전자집합의 각 다중유전자형은 하나의 분할집합이 된다. 그리고는 본페로니, 쉐페 등 다중비교방법에 근거하여 평균이 비슷한 다중유전자형을 하나씩 병합해 나간다. 첫 번째로 가장 적은 차이를 보이는 그룹을 합치고 다시 그룹간 변동을 계산하는 과정을 반복하면서 평균차이가 적은 그룹을 병합하는 수행을 반복한다. 모든 그룹에서 유의한 차이가 나타날 때까지 단계별로 진행된다. 최종 분할모형의 설명력은 양적형질에 대한 선형적 설명계수  $R^2$ 로 나타낸다.

$R^2 = 0$  에 가까울수록 다중유전자형의 분할모형 간 양적형질의 평균 차이는 없는 것이고,  $R^2 = 1$ 에 가까울수록 그 유전자집합의 다중유전자형 분할형태는 양적형질의 변동에 크게 관여하고 있다고 해석할 수 있다.  $R^2$ 의 유의성은 순열검정을 통해 평가한다. 순열배치를 통해 구한 귀무가설 하의  $R^2$  분포에서 관측된  $R^2$  보다 큰 값의 빈도를 유의확률로 계산하고, 다중비교에 대한 보정을 고려하여 유의성이 평가된다.

### 2.2.3 패턴화와 혼합모형

Foulkes et al(2005)은 여러 개 유전자의 유사유전자형 집합을 구성하여 혼합모형에 독립변수로 넣어 분석하는 과정을 세 단계로 나누어 설명하였다. 우선 유사한 양적형질의 분포를 나타내는 유전자형 집단을 정의하고 둘째로 유사유전자형집단과 표현형질, 환경인자들 간의 관련성을 모형화 한다. 마지막으로 유전자형집합의 효과, 환경인자와의 상호작용의 통계적 유의성을 검정한다. 양적형질에 대한 모형화 단계에서는 혼란변수, 환경적인 요인을 고정효과(fixed effect)로, 다중 유전자효과와 유전자-환경인자 상관관계를 임의효과(random effect)로 하는 혼합모형을 사용하였다. 양적형질에 미치는 다중 유전자의 영향력을 평가할 때, 혼합모형의 적용은 여러 가지 장점을 지닌다. 우선, 유전적 영향력을 고려한 상태에서 공변량(covariate)의 효과를 추정할 수 있고, 각 유전자형 또는 유전자 분할집합에서의 공변량 효과도 추정할 수 있다. 또

한 여러 개의 유전자를 분석하면 결측치가 생기기 마련인데, 유전적 영향력을 임의효과로 선정하게 되면 결측치가 포함된 자료를 분석에서 제거하지 않아도 된다. 적절한 임의효과의 분산-공분산 행렬 형태는 유전자형 간의 분산형태, 유전자-환경인자 간의 분산형태를 파악하여 복합형질의 변동량을 설명할 수 있게 한다.

## 2.3 제안 방법

본 논문에서는 유전자-유전자 상호작용이 존재할 때, 후보유전자 집단에서 양적형질의 민감유전자들을 규명하기 위한 새로운 분석방법을 제안한다. 제안방법은 다중유전자형의 차원축소를 위한 비모수적 접근과 양적형질 모형화를 위한 모수적 접근을 결합시킨 방법으로 양적형질의 변동을 가장 잘 설명하는 유전자집합을 찾아내는 것에 목적이 있다. 후보유전자 및 양적형질의 정보가 포함된 자료에 제안방법을 적용하는 과정은 [그림 1]과 같이 세 단계로 나누어 설명할 수 있다. 첫 번째는 다중유전자집합의 차원을 축소하기 위한 단계이고, 두 번째는 양적형질에 대한 모형화 단계, 마지막은 통계적 유의성을 검정하는 단계이다. 앞으로의 서술에서 사용되는 기호를 [표 1]로 정리하였다. 제안방법은 5개의 SAS® macro로 구현되었다(Cole 1999; Balasubramani, Wisniewski et al. 2005).

### 2.3.1 단계 1: 다단계 집단화를 통한 다중유전자형 분할형태 규명

다중유전자형의 분할이라는 것은 유사한 형질을 갖는 유전자형이 동일한 집단으로 배치시키는 것으로, 동일한 집단으로 배치된 다중유전자형들을 유사유전자형이라 정의한다. 단계 1에서는 여러 개의 유전자를 유사유전자형의 집합 형태로 나타냄으로써 다중유전자형의 분할형태를 규명하고 모형에 포함되는 변수의 수를 감소키는 효과를 얻을 수

**단계 1 : 다단계 집단화 (Stepwise multi-genotypes grouping)**

양적형질의 분포차이에 근거하여 다중유전자형의 병합과 제거 과정을 통해 각각의 유전자집합은 유사유전자형으로 재정의



**단계 2 : 모형화 (Modeling)**

모든 유전자집합에 대해 유사유전자형에 따라 양적형질의 분포를 달리하는 이분산모형을 적합시켜 수정된 Akaike 정보기준 산출



**단계 3 : 관련성 추론 및 최량 유전자집합 선택  
(Inference and Select the best set)**

순열검정을 통해 유전자집합마다 양적형질과의 유의적인 관련성을 파악하고 최량의 유전자집합을 결정

[그림 1] 제안방법 단계



[표 1] 기호 정리

기호	설 명
$N$	전체 관측치의 개수
$S$	전체 유전자의 개수
$m$	상호작용 요인의 개수
$C$	고려할 유전자집합의 개수
$g_i$	다중유전자형 ( $i=1,2,\dots,k$ )
$n_{g_i}$	다중유전자형 $g_i$ 의 관측치 개수
$y_{g_i,j}$	다중유전자형 $g_i$ 인 $j$ 번째 관측치의 양적형질 ( $i=1,2,\dots,N$ )
$G_i$	유사유전자형 ( $i=1,2,\dots,p$ )
$n_{G_i}$	유사유전자형 $G_i$ 의 관측치 개수
$y_{G_i,j}$	다중유전자형 $G_i$ 인 $j$ 번째 관측치의 양적형질 ( $i=1,2,\dots,N$ )

있다. 총  $S$  개의 후보유전자들은 2개의 allele를 가지고 있다고 하자. 이들의  $m$  요인 상호작용을 고려한다면, 구성할 수 있는 유전자들의 조합수  $C$  는  ${}_S C_m$  가 된다. 각각의 조합들은 최대  $3^m$  가지의 다중유전자의 유전자형으로 표현될 수 있는데, 표본에서 관측된 다중유전자형을  $g_1, g_2, \dots, g_k$ 로 나타낸다.  $g_1, g_2, \dots, g_k$  각각은 초기 유사유전자형으로 설정된다. 예를 들어  $S=5$  이고 삼요인 상호작용을 살펴본다고 하면, 유전자들 조합수는  $C=10$  개이고, 각각의 조합에서는 최대 27개의 다중유전자형이 나오게 된다. 즉 10개 조합별로 유사유전자형의 초기설정 개수는 최대 27개가 되는 것이다. 그 다음 양적형질의 분포에 따른 유사유전자형을 결정하기 위해 다중비교검정을

수행한다. 모든 유사유전자형의 쌍 별로 검정통계량  $t$  과 자유도  $\nu$  를 다음과 같이 계산한다. 이는 양적형질의 모분산을 알지 못하고 유사유전자형마다 동일한 분산을 갖는다고 가정할 수 없을 때 적용할 수 있는 검정통계량과 자유도이다.

$$t = \frac{\bar{y}_{g_i} - \bar{y}_{g_j}}{\sqrt{w_{g_i} + w_{g_j}}}, \quad \nu = \frac{(w_{g_i} + w_{g_j})^2}{\frac{w_{g_i}^2}{n_{g_i} - 1} + \frac{w_{g_j}^2}{n_{g_j} - 1}}$$

여기서  $\bar{y}_{g_i}$  는 다중유전자형  $g_i$  를 갖는 사람들의 양적형질 평균값이고,  $s_{g_i}$  는 표준편차를 나타내고,  $w_{g_i} = s_{g_i}^2/n_{g_i}$ ,  $w_{g_j} = s_{g_j}^2/n_{g_j}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, k$  단,  $i \neq j$ ) 이다. 검정통계량  $t$  는 근사적으로 자유도  $\nu$  인 t-분포를 따른다.  $\nu$  는 새터스웨이트(Satterthwaite) 자유도라 하고, 이 값이 정수가 아닐 때는 가장 가까운 정수를 사용하거나 보간법을 사용할 수 있다. 유사유전자형의 모든 쌍마다 유의확률이 계산되는데, 이 중 유의수준  $\alpha$  보다는 크면서 최대 유의확률값을 갖는 쌍을 병합한다. 여기서 유의수준은 다중비교에 대한 보정을 고려한 값이다. 앞의 예를 들면, 세 개 유전자집합의 초기 유사유전자형 수는 최대 27개이다. 따라서 최대 351쌍에 대해 t-검정이 실시되고 본페로니(Bonferroni) 수정 유의수준  $0.05/351 \approx 0.00014$  보다 큰 유의확률 중 최대값을 갖는 유전자형은 병합되는 것이다. 새로운 다중유전자형이 추가됨으로써 세 개 이상의 다중유전자형이 병합된 유사유전자형일 경우, 이질적인 다중유전자형이 있는지 확인하고 제거하는 단계를 거친다. 제거과정에서는 일대다(one-to-other) 비교를 수행하는

데, 즉, 유사유전자형으로 병합된 다중유전자형에서 순차적으로 하나의 다중유전자형을 선택하고, 그 다중유전자형과 나머지 다중유전자형들의 양적형질 분포를 검정한다. 이때 유의한 차이를 보이는 다중유전자형을 유사유전자형에서 제거하게 된다. 이러한 다중비교검정과 병합 및 제거 과정은 모든 유사유전자형 쌍에서 유의한 차이를 보일 때까지 반복된다. 단계 1의 결과로 여러 개의 유전자는 양적형질의 분포에 근거하여 유사유전자형  $G_1, G_2, \dots, G_p$  로 재정의 된다. 즉,  $k$  차원의 유전자들은  $p$  차원의 유사유전자형태로 축소된 것이다 (단,  $k \geq p$ ).

여러 개의 유전자의 다중유전자형을 정의하는데 추가적인 기준을 포함시켰다. 분석에 포함된 유전자의 allele 빈도가 매우 작은 경우, 관측치의 수가 매우 적은 다중유전자형이 존재하게 된다. 본 제안방법에서 다중유전자형의 분할형태를 규명하는 방법은 이분산 t-검정법에 기초한다. 두 다중유전자형내 양적형질의 평균과 분산을 이용하여 분포 차이를 평가하기 때문에, 관측치수가 오직 한 개이거나 매우 적으면 검정통계량의 계산이 불가능 하거나 신뢰성 있는 검정력을 얻을 수 없다. 이러한 경우를 피하기 위해 다중유전자형의 관측치에 대한 하한값을 설정하였다. 이 하한값은 연구자가 연구의 특성에 맞게 설정할 수 있다. 분석에 포함된 유전자들의 allele 빈도가 작아서 여러 개의 다중유전자형의 관측치의 수가 적은 경우, 하한값을 너무 작게 설정하면 차원축소의 목적에 부합하지 못하는 결과를 초래하게 된다. 반면 하한값을 너무 높게 설정하게 되면 유사유전자형에 따른 양적형질의 변동량들간 차이가 없어 예측변수로의 능력을 상실하게 된다. 본 논문에서는 다중유전자의 최소관측치

를 여섯 개로 설정하였다. 따라서 관측치가 다섯개 이하인 다중유전자형의 경우, 평균차이가 가장 적은 다중유전자형에 포함시켰다.

### 2.3.2 단계 2: 유사유전자형으로 정의된 유전자집합의 평가

단계 1에서 유전자집합별로 양적형질의 유사성에 근거한 유사유전자형을 구성하였다. 이는 분석에 포함된 모든 유전자집합을 고려한 것이기 때문에 각 유전자집합마다 모형평가 작업이 이루어져야 한다(Coffey, Hebert et al. 2004). 따라서 단계 2에서는 유전자집합들의 평가와 비교를 수행할 것이고 이를 위해 고려할 사항이 몇 가지 있다. (1) 양적형질은 관련된 유전자의 유전자형에 따른 혼합정규분포(mixture normal distribution)를 따른다고 가정한다(Schorck, Allison et al. 1996; Feenstra and Skovgaard 2004). 양적형질유전자(quantitative trait locus, QTL)에 대한 연구결과를 보면, 복합질환과 관련된 인구집단의 양적형질의 분포는 유전자의 allele 빈도에 따라 한쪽으로 치우쳐진 형태를 갖지만 이는 QTL에 따라 평균과 분산이 다른 정규분포를 취하고 있기 때문이다. (2) 단계 1을 통해 유전자집합들이 서로 다른 수의 유사유전자형들로 구성되어 있다. 따라서 모형에 포함될 때 독립변수의 수도 서로 다르게 된다. 이러한 상황을 고려하여 단계 1에서 재정의된 유전자집합들의 비교를 위해 사용할 목적함수를 결정하여야 한다.

유전자집합의 신뢰성 검정 및 유전자집합들을 비교하기 위해 적절한 목적함수를 찾아야 하고, 이를 위한 모형으로 이분산모형(heterogeneous variance

model)을 사용한다(Sorensen and Waagepetersen 2003; Hennequet-Antier, Chiapello et al. 2005). 이 모형은 일반선형모형의 확장형으로 유연한 공분산구조의 잔차형태를 허용한다. 즉, 잔차의 정규성을 가정하면서 공분산과 이산형분산을 허용한다.

$$\text{식 (1)} \quad y_{G_i,j} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{G_i,j}, \quad \varepsilon_{G_i,j} \sim N(0, \sigma_i^2)$$

여기서  $y_{G_i,j}$  는 유사유전자형이  $G_i$  인  $j$  번째 개인의 양적형질 관측치이다.  $\alpha_i$  는 유사유전자형  $G_i$  의 고정효과이고  $\varepsilon_{G_i,j}$  는 잔차로 평균이 0 이고 유사유전자형  $G_i$  에 따라 다른 분산값을 갖는 정규분포를 따른다. 단계 1의 결과로 다중유전자형은  $p$  개의 서로 다른 유사유전자형이 되고 이는 수치형 코드로 정의된다. 유사유전자형그룹 중 하나를 참조그룹(reference group)으로 정하면  $j$  번째 개인의 수치형 코드  $X_j = (x_{G_1,j}, x_{G_2,j}, \dots, x_{G_{p-1},j})$  는 다음과 같이 정의된다.

$$x_{G_i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if the genotype of } j\text{-th individual is } G_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

형질값  $y_j$  와 유사유전자형 수치코드  $X_j = (x_{G_1,j}, x_{G_2,j}, \dots, x_{G_{p-1},j})$  은 다음과 같은 선형 모형으로 구성된다.

$$\begin{aligned}
\text{식 (2)} \quad y_j &= \alpha_0 + \alpha_1 x_{G1,j} + \cdots + \alpha_{p-1} x_{Gp-1,j} + \varepsilon_{Gi,j} \\
\text{var}(\varepsilon_{Gi}) &= \sigma_i^2 \\
\text{cov}(\varepsilon_{Gm}, \varepsilon_{Gn}) &= 0 \quad \text{단, } m \neq n
\end{aligned}$$

그러면 제한적최대우도법(Restricted maximum likelihood, REML)을 통해 잔차의 분산행렬  $\mathbf{R} = \text{diag}(\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_p^2)$  을 추정할 수 있다. REML의 우도함수는 다음과 같이 설정되고 모수에 대해 최대화된다.

$$\text{식 (3)} \quad l(\mathbf{R}) = -\frac{1}{2} \log |\mathbf{R}| - \frac{1}{2} \log |\mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X}| - \frac{1}{2} \mathbf{r}\mathbf{R}^{-1}\mathbf{r} - \frac{n-p}{2} \log(2\pi)$$

여기서  $\mathbf{r} = \mathbf{y} - \mathbf{X}(\mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{R}^{-1}\mathbf{y}$  이고  $p$  는  $\mathbf{X}$  의 차수(rank)이다.

$\hat{\mathbf{R}} = \text{diag}(\hat{\sigma}_1^2, \hat{\sigma}_2^2, \dots, \hat{\sigma}_p^2)$  의 추정치를 바탕으로 일반화최소제곱법 (Generalized least squares, GLS)을 통해  $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_l$  을 계산하게 된다.  $\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \dots, \hat{\alpha}_l$  는 양적형질의 전체평균에 끼치는 유사유전자형의 영향력을 의미하고,  $\hat{\mathbf{R}} = \text{diag}(\hat{\sigma}_1^2, \hat{\sigma}_2^2, \dots, \hat{\sigma}_p^2)$  는 유사유전자형 내의 양적형질의 변동을 나타내게 된다.

단계 1에서 여러 조합의 유전자들은 유사유전자형으로 표현되었다. 그러므로 동일한 수의 유전자 조합일지라도 서로 다른 개수의 유사유전자형 가지수를 갖게 되고, 이로 인해 서로 다른 개수의 독립변수로 모형에 포함되게 된다. 유전자집합들의 비교를 위한 목적함수로 수정된 Akaike 정보기준

(corrected Akaike's Information Criterion, AICc)를 선택하였다. 왜냐하면 보편적으로 많이 사용되는 AIC와 유한표본크기 수정항이 합해졌고 구현이 용이하고, 연산적인 특성을 가지고 있어 평가를 위한 확장이 가능하기 때문이다(Burnham and Burnham 2002).

식 (4)

$$AIC_C = AIC + \frac{2r(r+1)}{N-r-1}$$

$$AIC = -2\log_e(l) + 2r$$

$\log_e(l)$  은 표본자료에서 계산된 최대로그우도값이고,  $r$  는 추정할 모수의 수,  $N$  은 표본자료의 수이다. AIC는 여러 개의 모형들 중에서 가장 절약원칙 (parsimonious)에 부합하는 모형을 결정하기 위한 객관적인 근거를 제시한다. 또한, AIC는 최대우도 같은 견고한 통계적 원칙에 기초하였기 때문에 엄격하면서도 계산과 해석이 쉬우며 우도비검정과 달리 내포모형(nested-model)간의 비교를 가능케 한다.

### 2.3.3 단계 3 : 관련성에 대한 추론 및 최량 유전자집합 선택

단계 2에서 모든 유전자집합에 대해 목적함수값인 AICc가 계산된다. 작은 AICc 값을 갖는 모형일수록 모형에 포함된 독립변수들의 예측력이 높다고 할 수 있다. 단계 3에서는 관측된 통계량이 ‘연관성 없음’이라는 귀무가설 하

에서의 기대값과 차이가 나는지 검정하는 것이다. 즉, 각 유전자집합과 형질과의 통계학적 유의미성을 평가하기 위해  $P$  번 배치 순열검정을 수행한다. 식 (4)를 적용하여 원래 자료에서 계산되는 분석대상이 되는  $C$  개의 유전자집합 별 AICc값을 통계량  $T_{0(1)}, T_{0(2)}, \dots, T_{0(C)}$  라 하고, 다음의 순서에 따라 경험적 유의확률을 구할 수 있다.

(1) 무작위로  $y$  를 선택하여 순열로 배치한다.

(2) 유전자형조합 각각에 대한 통계량  $T_{(1)}, T_{(2)}, \dots, T_{(C)}$  를 계산한다.

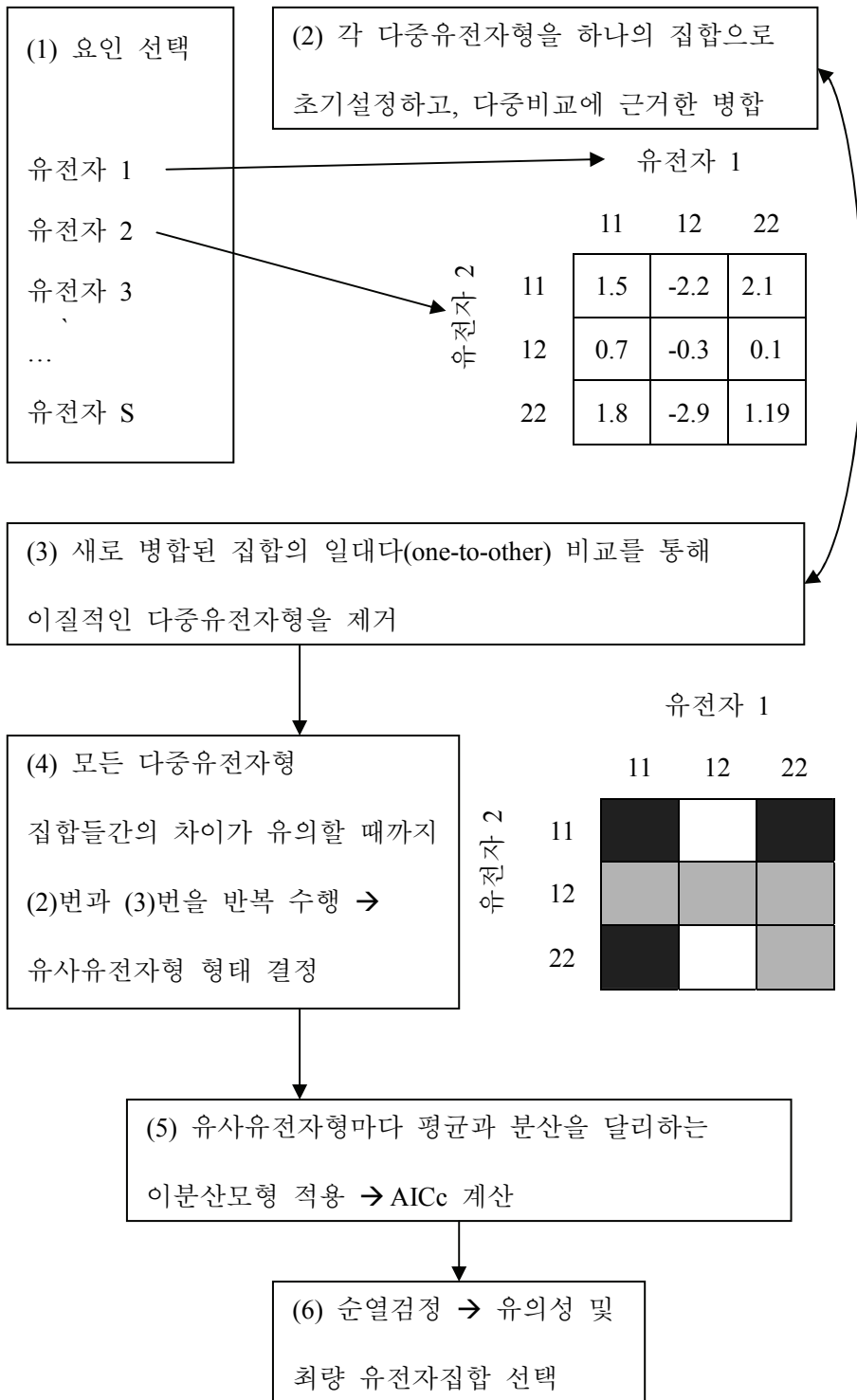
위의 (1)과 (2)를  $P$  번 반복한다.  $T_{p(1)}, T_{p(2)}, \dots, T_{p(C)}$  를  $p$  ( $p=1, 2, \dots, P$ ) 번째 반복 시에 계산된 통계량이라 한다. 관측값이 귀무가설 분포에서 나왔을 확률을 결정하기 위해 순열통계량의 기대값 분포를 사용한다. 각 유전자집합과 양적형질간의 관련성 검정을 위한 유의확률은 다음과 같은 식으로 추정된다.

$$\text{식 (5)} \quad \frac{\#\{p: T_{p(c)} < T_{0(c)}\}}{P}, \quad p=1, 2, \dots, P, \quad c=1, 2, \dots, C$$

따라서 유의한 유전자집합은 식(5)로 계산된 유의확률이 설정한 유의수준보다 작은 값을 지닐 때, 양적형질과 관련있다고 판단한다. 이때 유의수준은 다중비교를 고려하여 보정된 수준이어야 한다. 본 논문에서는 본페로니 수정법을 적용하여 유의수준을 보정하였다. 모든 유의한 유전자집합 중 양적형질과 관련성이 가장 높은 최량의 유전자집합은 AICc값이 최소인 집합으로 결정한다. 최량 유전자집합은 동시에 고려하는 유전자의 수에 따라



결정할 수도 있고, 분석에서 고려한 전체 유전자 조합 중에서 하나만을 선택할 수도 있다. 전자의 경우, 요인수에 따른 최량유전자집합의 형태를 파악할 수 있게 한다. 후자의 경우에는 분석에서 고려하는 상호작용 모든 요인수 중 가장 예측력이 좋은 유전자집합을 선택하게 된다.



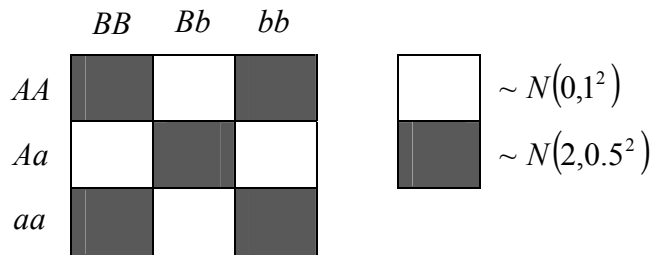
[그림 2] 제안방법 실행 과정

## 2.4 모의실험 연구

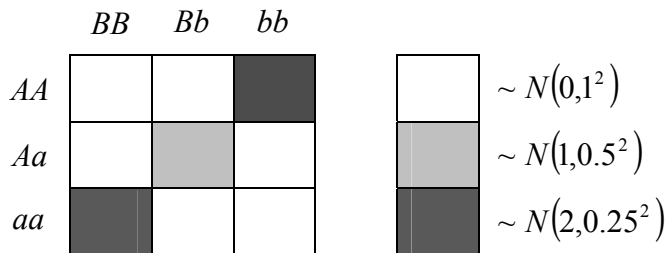
모의실험을 통해 제안방법의 검정력과 제1종 오류를 평가하려 한다. 검정력을 측정하기 위해서는 두 종류의 검정력을 고려하였다. 한가지는 관련성 없는 유전자들이 포함된 후보유전자들 중에서 양적형질과 epistatic 상호작용 형태로 관련된 유전자집합을 찾아내는 능력이고, 다른 하나는 유의한 유전자집합에서 정확한 epistatic 상호작용 형태로 유사유전자형을 구성하는 능력이다. 이를 위해 2개의 allele를 갖는 SNP 두 개가 양적형질에 대해 독립적인 주효과는 없지만 유전자간 상호작용의 효과만 지니고 있는 epistatic 모형을 두 가지 생성하였다. 하나는 바둑판모형으로 9개의 다중유전자형은 2개의 유사유전자형으로 병합된다. 다른 하나는 대각모형으로 9개의 다중유전자형은 3개의 유사유전자형으로 재정의 된다(Frankel and Schork 1996; Ritchie, Hahn et al. 2003; Moore, Hahn et al. 2004). 상호작용하는 SNP의 두 allele의 빈도는 0.5로 동일하게 설정하였다. 각 모형에서 양적형질은 정의된 유사유전자형에 따라 평균과 분산을 달리하는 정규분포를 따른다고 가정하였다.

바둑판모형(checkboard)은 두 개의 유사유전자형으로 정의되는데(그림 3), 그 중 하나의 유사유전자형은 한 개의 이형접합체(heterozygote)만 포함된 다중유전자형 4개로 구성되어있다. 이 때, 양적형질은 평균이 0 이고 분산이  $1^2$  인 정규분포에서 생성된다. 다른 하나의 유사유전자형으로 나머지 5개의 다중유전자형(4개의 동형접합체쌍과 1개의 이형접합체쌍)으로, 정의되고, 이때

양적형질은 평균이 2 이고 분산이  $0.5^2$  인 정규분포에서 생성된다. 대각모형(diagonal)은 9개의 다중유전자형을 세 개의 유사유전자형으로 집단화한 모형이다(그림 4). 첫 번째 질병 민감유전자의 두 개 allele를  $A$ 와  $a$ 로, 두 번째 질병 민감유전자의 두 개 allele를  $B$ 와  $b$ 라 정의한다. 그러면, 위험 다중유전자형은  $AAbb$ ,  $AaBb$ ,  $aaBB$ 가 된다. 한 개 또는 두 개 유전자에서 변이 allele가 두 개이고, 보통 allele가 두 개일 경우 질병의 위험이 생기는 경우이다(Ritchie, Hahn et al. 2001). 이 중  $AAbb$ ,  $aaBB$ 인 경우, 양적형질은 평균이 2 이고 분산이  $0.25^2$ 인 정규분포를 따르도록 했다.



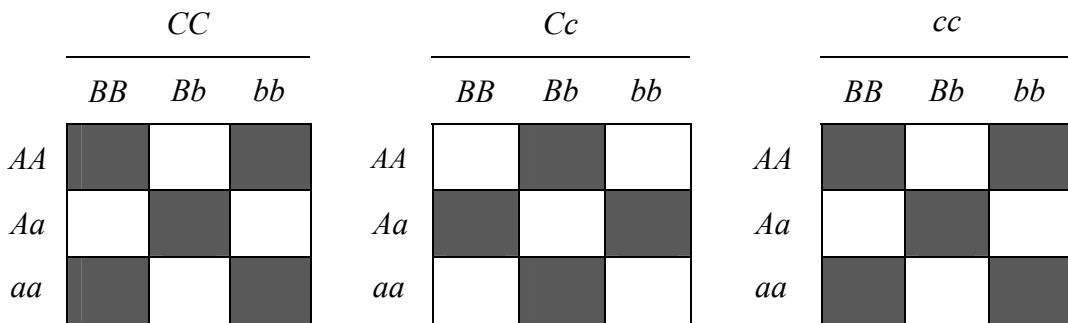
[그림 3] 이요인 바둑판모형 및 유사유전자형의 양적형질 분포



[그림 4] 이요인 대각모형 및 유사유전자형의 양적형질 분포

두 유전자의 유전자형이 모두 이형접합체인  $AaBb$  경우를 다른 하나의 유사유전자형으로 정의하고 이 때 양적형질은 평균이 1 이고 분산이  $0.5^2$  인 정규분포에서 생성하였다. 나머지 6개의 다중유전자형이 세 번째 유사유전자형이 되고, 양적형질은 평균이 0 이고 분산이  $1^2$  인 정규분포를 따르도록 설정하였다.

위의 이요인 상호작용에 대한 epistatic 모형을 삼요인 상호작용에 대한 모형으로 확장시켜 보았다. 즉, 모의실험 자료에 포함된 5개의 SNP 중 3개의 SNP가 functional epistatic SNP이고, 나머지가 nonfunctional SNP가 된다. 바둑판형태의 상호작용 모형은 각 유전자들의 유전자형인 동형접합체인 경우를 1, 이형접합체인 경우를 0으로 하고, 유전자들을 비선형 XOR 함수로 연결하여 생성할 수 있다(Moore 2004). 앞서 정의한  $A$ ,  $B$  민감유전자와 두 개의 allele  $C$  와  $c$  를 갖는 세 번째 민감유전자를 XOR 함수로 연결하면  $CC$  와  $cc$  일 때 이요인 바둑판모형과 동일한 분할형태이고  $Cc$  일 때 상반된 분할형태가 된다(그림 5).



[그림 5] 삼요인 바둑판모형

	CC			Cc			cc		
	BB	Bb	bb	BB	Bb	bb	BB	Bb	bb
AA						■		■	
Aa			■		■		■		
aa		■		■					

[그림 6] 삼요인 대각모형

세 개의 SNP가 epistatic 상호작용하는 대각모형은 다중유전자형이  $AABbcc$ ,  $AAbbCc$ ,  $AaBBcc$ ,  $AabbCC$ ,  $aaBBCc$ ,  $aaBbCC$  일 때 하나의 유사유전자형이 되고,  $AaBbCc$  일 때 다른 하나의 유사유전자형, 나머지 다중유전자형들이 모여 세번째 유사유전자형이 되어 구성된다(그림 6). 삼요인 상호작용 모형에서 양적형질은 세 개의 민감유전자 집합의 다중유전자형에 따라 평균과 분산을 달리하여 생성되었고, 이요인 상호작용 모형의 분포와 동일하게 설정하였다.

모의실험 자료에 생성된 유전자는 모두 두 개의 allele를 갖고 allele 빈도는 0.5로 동일하게 하였다. 관련성이 없는 유전자들이 포함된 자료에서 관련성 있는 상호작용을 밝혀내는 능력을 알아보기 위해, 양적형질과 독립적인 유전자를 추가하여 총 5개의 유전자를 생성하였다. 각각의 유전자는 Hardy-Weinberg equilibrium과 Linkage equilibrium을 가정하여 생성되었다. 각 모의실험 모형마다 500명으로 구성된 자료를 100개씩 생성하였다.

따라서 두 가지 이요인 상호작용 모형과 두 가지 삼요인 상호작용 모형마다 100개의 자료를 생성, 총 400개의 자료에 대해 제안방법을 적용하였다. 각 자료마다 이요인부터 오요인까지의 상호작용 형태인 26개의 유전자 조합이 분석된다( ${}_5C_2 + {}_5C_3 + {}_5C_4 + {}_5C_5 = 26$ ). 26개 유전자조합은 epistatic 상호작용하는 유전자로만 구성된 유전자집합(true model)이 1가지, 상호작용 유전자가 포함된 집합이 이요인의 경우 7가지, 삼요인의 경우 3가지이고 나머지 유전자집합은 양적형질과 관련성 없는 유전자로 구성 되었다.

## 2.5 사례 연구

본 논문에서 제안한 방법을 연세의료원 심혈관계질환 유전체 센터에서 관상동맥질환 및 고혈압 연구를 위해 수집한 CGC(Cardiovascular Genome Center)자료에 적용하였다. 자료는 343명의 고혈압환자로 구성되어 있고 성별, 연령, 신장 등 환자의 일반적인 특성과 혈관 경직을 측정하는 PWV(pulse wave velocity) 정보, 10개 SNP 유전자형이 포함되어 있다. 10개의 SNP은 고혈압 및 관상동맥질환에 유의한 관련성이 발표된 민감유전자들에 존재하는 다형성을 선택하였다(Hirschhorn, Lohmueller et al. 2002). 이 SNP은 서로 다른 유전자에 존재하는 다형성으로 염색체상에서도 물리적인 거리 차이를 두고 있어 Linkage equilibrium을 만족한다 볼 수 있다. 또한 카이제곱 검정을 통해 Hardy-Weinberg equilibrium(HWE)을 만족함을 확인하였다. 10개 SNP의 유전자형 빈도, allele 빈도 및 HWE 검정 결과를 [표 2]로 정리하였다.

사례 연구에서 분석대상이 되는 양적형질은 PWV 측정치 중 하나인 Carotid Augmentation Index(Carotid AI)이다. Carotid AI는 말단부위에서 심장으로 되돌아오는 반사파의 속도를 나타내는 수치로써, 심근경색증 등의 심장질환에 대한 독립적인 위험인자이다. 또한 정상 혈압 보유자에서 뿐만 아니라 치료를 받고 있는 고혈압 환자 중 특히, 당뇨, 만성 신부전 및 다발성의 동맥경화등이 동반된 환자에서 주요 위험인자로 간주된다.



[표 2] CGC자료의 유전자 정보

# (a)	유전자 명(b)	SNP 명	유전자 위치	HWE P값	유전자형 빈도(c)			Allele 빈도	
					WW	WV	VV	W	V
1	MTHFR	C677T	1p36.3	0.4126	118	160	65	0.58	0.42
2	AGT	M235T	1q42-q43	0.9554	232	100	11	0.82	0.18
3	APM1	T45G	3q27	0.8474	170	144	29	0.29	0.71
4	ADD1	G460W	4p16.3	0.7171	120	163	60	0.41	0.59
5	ADRB2	G16R	5q31-q32	0.5455	97	176	70	0.54	0.46
6	AGER	G82S	6p21.3	0.8540	238	96	9	0.17	0.83
7	APOA5	T-1131C	11q23	0.5967	173	144	26	0.29	0.71
8	GNB3	C825T	12p13	0.4950	104	164	75	0.54	0.46
9	ACE	ID	17q23	0.4278	116	173	54	0.41	0.59
10	MMP9	C-1562T	20q11.2- q13.1	0.1043	260	81	2	0.88	0.12

(a) 분석결과 표기에 사용한 SNP 명칭

(b) MTHFR : 5,10-methylenetetrahydrofolate reductase, AGT : angiotensinogen, APM1: Adiponectin, ADD1: adducin 1 (alpha), ADRB2: adrenergic, beta-2-, receptor, surface, AGER: advanced glycosylation end product-specific receptor, APOA5: apolipoprotein A-V, GNB3: guanine nucleotide binding protein (G protein), beta polypeptide 3, ACE: angiotensin I converting enzyme 1, MMP9: matrix metalloproteinase 9

(c) W: common allele, V: rare allele

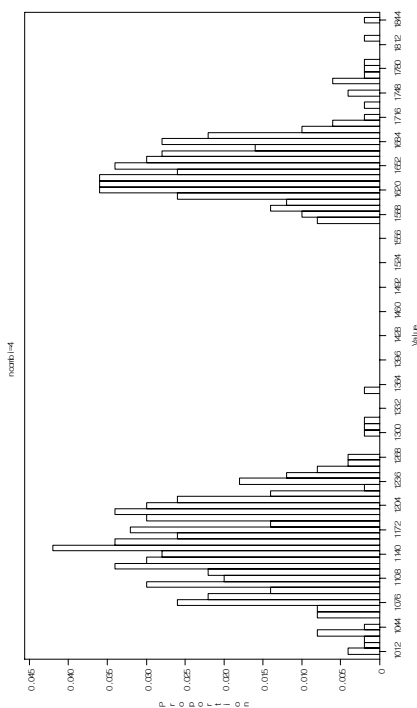
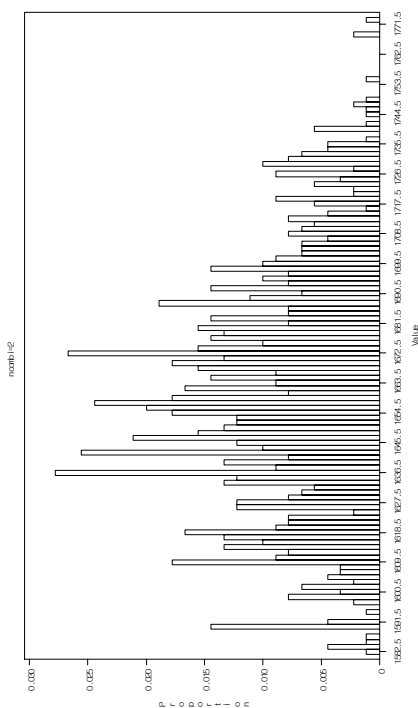
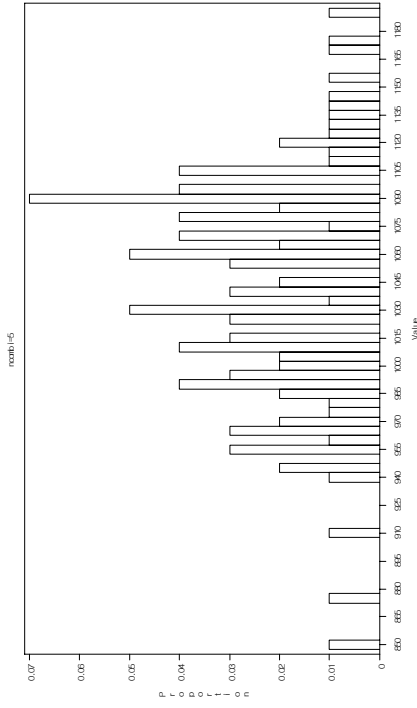
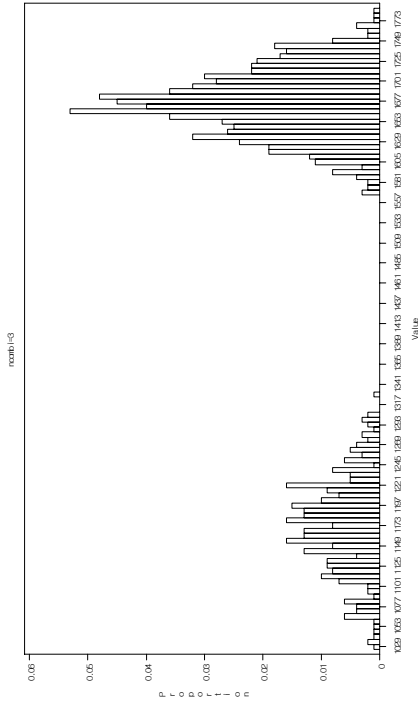
## 제 3 장 연구결과

### 3.1 모의실험 연구

본 논문에서 제안한 방법의 타당성을 확인하기 위해 400개의 모의실험 자료에 적용하여 검정력과 제1종 오류를 알아보았다. 검정력은 두가지 경우로 나누어 살펴보는데, (1) 참(true)인 epistatic 상호작용 모형을 유의하게 판별하는 능력, (2) 최량의 유전자집합으로 참모형(true model)을 찾아내는 능력으로 정의하였다. 제1종 오류는 참모형을 제외한 나머지 유전자집합 중에서 유의한 결과를 도출하는 비율로 정의하였다. 순열검정 시 반복수는 1,000으로 하여 귀무가설의 경험적 인 분포를 생성하였다(그림 7). 유의성여부는 다중검정 횟수를 고려한 본페로니 수정방법을 적용하여 판단하였다. 다중검정 횟수는 탐색하는 상호작용의 요인수에 따라 다른데, 이요인과 삼요인의 경우 10번, 사요인의 경우 5번에 대한 수정을 하였다.

#### 3.1.1 검정력과 제1종 오류

Epistatic 상호작용 형태에 따라 네 가지 모형(이요인 바둑판모형, 이요인 대각모형, 삼요인 바둑판모형, 삼요인 대각모형)으로 나누어 살펴볼 수 있다. 우선, 이요인 상호작용 모형을 살펴보면(표 3), 참인 epistatic 상호작용



[그림 7] 모의실험에서 AICc의 경험적 귀무가설 분포

모형을 유의하게 판단하는 검정력이 바둑판모형과 대각모형에서 100%임을 알 수 있다. 제1종 오류도 0.8%(=20/2500)로 두 epistatic 상호작용 모형에서 동일하게 나타났다. 제1종 오류는 다시 두 가지로 나누어 생각해볼 수 있는데, 동시에 고려하는 유전자의 수에 따라 참모형으로 설정한 유전자 (유전자1,2)를 포함하고 있는 유전자집합을 유의하게 판단하는 경우와 유전자1, 2를 포함하고 있지 않는 유전자집합을 유의하게 판단하는 경우이다. 전자의 경우는 바둑판모형, 대각모형에서 모두 2.1%(=15/700), 후자의 경우는 바둑판모형, 대각모형에서 모두 0.3%(=5/1800)였다. 따라서 전체적인 제1종 오류는 바둑판모형과 대각모형에서 5% 미만으로 나타났음을 확인하였다.

[표 3] 이요인 epistatic 상호작용 모형 적용 결과

유전자수	True epistatic model		Including contributing loci		Unlinked loci	
	N	Pc<0.05	N	Pc<0.05	N	Pc<0.05
바둑판모형						
2	100	100(100%)	0	-	900	5(0.6%)
3	0	-	300	5(1.7%)	700	0
4	0	-	300	5(1.7%)	200	0
5	0	-	100	5(5.0%)	0	-
대각모형						
2	100	100(100%)	0	-	900	5(0.6%)
3	0	-	300	5(1.7%)	700	0
4	0	-	300	4(1.4%)	200	0
5	0	-	100	6(6.0%)	0	-

Pc = Bonferroni corrected P value

유전자 1, 2, 3의 상호작용을 참모형으로 하는 자료에 제안방법을 적용한 결과는 다음과 같다. 두 epistatic 상호작용 모형에서 참모형을 유의하게 판단하는 검정력은 100%임을 알 수 있다. 제1종 오류는 바둑판모형에서 0.3%(=18/2500), 대각모형에서 0.8%(=19/2500)로 나타났다. 유전자 1, 2, 3을 포함하는 유전자집합을 유의하게 판단한 비율은 바둑판모형에서 2.7%(=8/300), 대각모형에서 3.7%(=11/300)였고, 그 밖의 유전자집합을 유의하게 판단한 경우는 바둑판모형과 대각모형 모두에서 0.45%(=10/2200)였다.

[표 4] 삼요인 epistatic 상호작용 모형 적용 결과

유전자수	True epistatic model		Including contributing loci		Unlinked loci	
	N	Pc<0.05	N	Pc<0.05	N	Pc<0.05
바둑판모형						
2	0	-	0	-	1000	4(0.4%)
3	100	100(100%)	0	-	900	6(0.7%)
4	0	-	200	4(2.0%)	300	0
5	0	-	100	4(4.0%)	0	-
대각모형						
2	0	-	0	-	1000	5(0.5%)
3	100	100(100%)	0	-	900	5(0.6%)
4	0	-	200	6(3.0%)	300	0
5	0	-	100	5(5.0%)	0	-

Pc = Bonferroni corrected P value

### 3.1.2 최량 유전자집합 규명

제안방법의 마지막 단계에서는 양적형질과 유의한 관련성을 나타내는 유전자집합 중 최량의 유전자집합을 결정하게 된다. 최량의 유전자집합은 동시에 고려하는 유전자 수에 따라 선발된다. 또한 요인수별 최량 유전자집합 중 최소의 AICc 값을 갖는 집합을 전체적인 최량 유전자집합으로 결론 내릴 수도 있다. 이는 모든 유전자조합의 경우 수에 대한 분석을 하였거나, 분석에 포함할 상호작용의 요인수를 한정하였을 때 가능하다.

[표 5] 최량 유전자집합

유전자집합	최량으로 선택된 횟수 (최량의 모형이 참인 경우)	
	이요인 모형	삼요인 모형
바둑판모형	93%	95%
(1, 2)	92(92)	-
(1, 2, 3)	1(1)	95(95)
(1, 2, 3, 4)	1(0)	-
(1, 2, 3, 5)	-	1(0)
(1, 2, 4, 5)	1(0)	-
(1, 2, 3, 4, 5)	5(0)	4(0)
대각모형	94%	93%
(1, 2)	92(92)	-
(1, 2, 3)	1(1)	93(93)
(1, 2, 4)	1(1)	-
(1, 2, 3, 4)	-	2(0)
(1, 2, 3, 5)	1(0)	-
(1, 2, 3, 4, 5)	5(0)	5(0)

본 모의실험에서는 5개의 유전자로 구성할 수 있는 모든 조합에 대해 분석하였다. 그러므로 전체적인 최량 유전자집합을 구하였고, 그 최량 유전자집합이 참모형일 때 최량 유전자집합을 밝혀내는 검정력이라 하였다. [표 5]는 이를 위한 결과를 정리한 것이다. 이요인 바둑판모형의 경우, 검정력이 93%로 정확하게 유전자 (1, 2)집합이 최량으로 선택된 경우가 92번이고, 유전자 (1, 2, 3)이 선택되었지만 유사유전자형 패턴이 참모형과 동일한 경우가 1번 이었다. 이요인 대각모형의 경우 94%의 검정력을 나타냈는데, 92번은 정확하게 유전자 (1, 2)집합을 최량으로 선택하였고 2번은 유전자 (1, 2, 3)과 유전자 (1, 2, 4)를 선택하였다. 세 개의 유전자로 구성된 집합의 유사유전자형 형태는 참모양과 동일하게 나타나 옳은 검정결과임을 알 수 있었다. 삼요인 바둑판모형에서도 95%의 높은 검정력을 나타냈다. 잘못 선정된 경우는 4개의 유전자집합인 유전자 (1, 2, 4, 5)가 1번, 모든 유전자가 포함된 유전자 (1, 2, 3, 4, 5)가 4번 이었다. 최량으로 판단된 유전자 (1, 2, 3, 4, 5)의 유사유전자형 형태를 살펴보았으나 참모형과는 차이가 있었다. 삼요인 대각모형에서 최량 유전자집합을 찾아내는 검정력은 93%였다. 잘못된 결과로 선정된 유전자집합으로는 4개의 유전자집합인 유전자 (1, 2, 3, 4)가 2번, 모든 유전자가 포함된 유전자 (1, 2, 3, 4, 5)가 5번 이었다. 이들 유전자집합의 유사유전자형 형태를 확인하였으나 참모형과 일치하지 않았다.

## 3.2 사례 연구

CGC자료의 10개 SNP를 대상으로 Carotid AI와의 관련성 분석을 위해 제안방법을 적용해보았다. 분석에서 고려한 상호작용 요인수는 이요인부터 오요인까지로 총 627가지( ${}_{10}C_2 + {}_{10}C_3 + {}_{10}C_4 + {}_{10}C_5 = 627$ ) 유전자집합에 대한 평가를 수행하였다. 각 유전자집합에 대한 순열검정 시 반복수는 1,000으로 하였고, 경험적 유의확률 평가 시, 다중비교에 의한 유의수준 수정은 이요인의 경우 45번, 삼요인의 경우 120번, 사요인의 경우 210번, 오요인의 경우 252번을 적용하였다.

제안방법을 적용 결과, 수정된 유의확률이 0.05미만인 경우가 전체 627가지 유전자집합 중 4가지 경우로 나타났다(표 6). 두 개의 유전자집합과 다섯개 유전자집합에서는 Carotid AI와 유의한 관련성을 보이는 집합이 없었고, 세 개 유전자집합과 네 개 유전자집합에서 각각 두 가지의 유의한 결과를 얻었다. 따라서 삼요인 상호작용 분석에서 최량 유전자집합은 (APM1 T45G, ADD1 G460W, APOA5 T-1131C)로 선택되었다. 이 유전자집합은 3개의 유사유전자형으로 재정의 될 수 있고, 양적형질에 대한 모형에 독립변수로 포함시켰을 때 적합도는  $AICc=2911.6$  이었다. 사요인 상호작용 분석에서 최량의 유전자집합은 (APM1 T45G, ADD1 G460W, GNB3 C835T, ACE ID)로 4개의 유사유전자형으로 축소되고, 양적형질에 대한 모형의 적합도는  $AICc=2859.0$  이었다. 즉, 주어진 10개의 후보유전자에서 이요인부터 오요인까지의 상호작용 형태로 Carotid AI와의 관련성을 살펴본 결과, 유의한 관련성을 보이는



유전자집합은 4가지 경우로 나타났다(표 6). 유의한 유전자집합들 중에서 최량의 유전자집합은 가장 작은 AICc값을 나타낸 (APM1 T45G, ADD1 G460W, GNB3 C835T, ACE ID)이다. 최량의 유전자집합은 4개의 유사유전자형으로 표현되고, 그에 따른 양적형질의 분포는 [표 9]에 정리되었다.

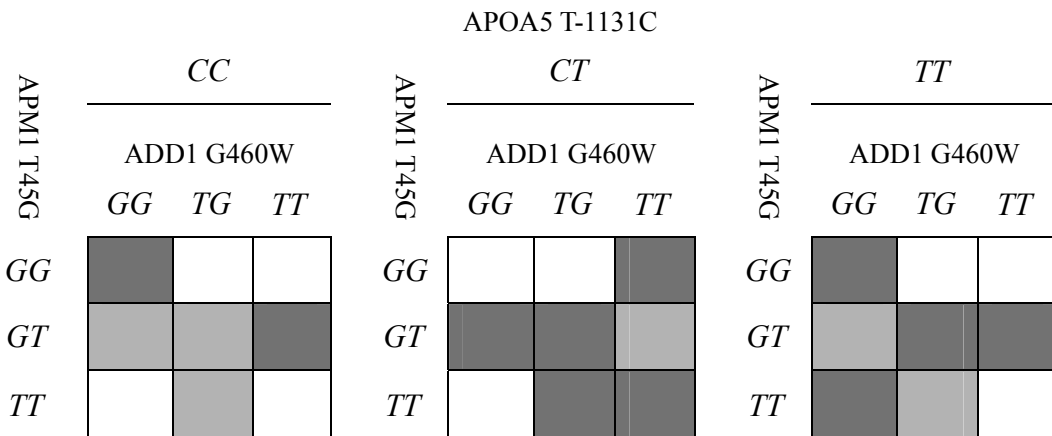
[표 6] Carotid AI와의 관련성이 유의한 유전자집합

유전자수	유전자집합	유사유전자형 개수	AIC <sub>C</sub>	P <sub>c</sub> 값
3	APM1 T45G ADD1 G460W APOA5 T-1131C	3	<b>2911.6</b>	0.000
3	APM1 T45G ADD1 G460W AGER G82S	3	2912.2	0.000
4	APM1 T45G ADD1 G460W GNB3 C835T ACE ID	4	<b><u>2859.0</u></b>	0.000
4	MTHFR C677T ADD1 G460W ADRB2 G16R MMP9 C-1562T	4	2877.8	0.000

P<sub>c</sub> = Bonferroni corrected P value

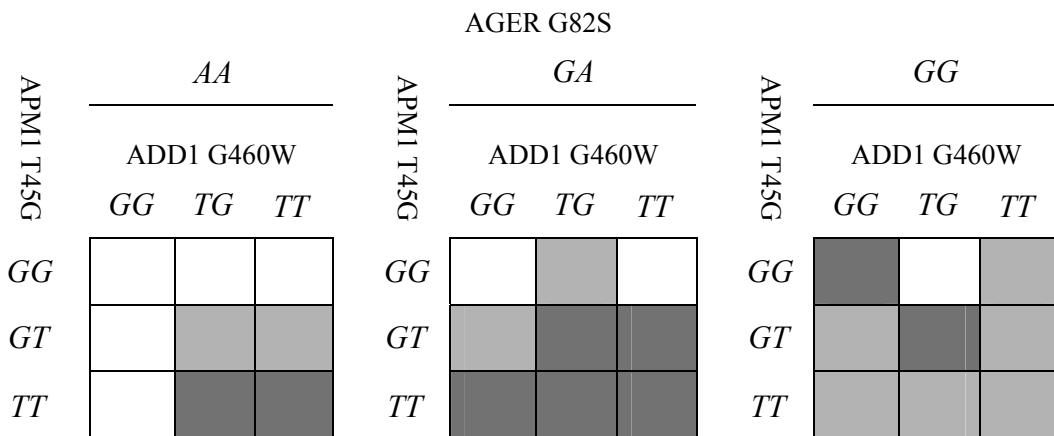
[표 7] (APM1, ADD1, APOA5)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포

유사 유전자형	유전자집합			N	평균± 표준편차
	APM1 T45G	ADD1 G460W	APOA5 T-1131C		
1	GG	TG	CC/CT/TT	27	7.48±18.89
	GG	TT	CC/TT		
	GT	GG	CC/TT		
2	GT	TG	CC	115	18.53±18.19
	GT	TT	CT		
	TT	TG	CC/TT		
	TT	TT	CC/TT		
3	GG	GG	CT/TT	201	25.15±15.95
	GG	TT	CT		
	GT	GG	CT		
	GT	TG	CT/TT		
	GT	TT	CC/TT		
	TT	GG	TT		
	TT	TG/TT	CT		



[표 8] (APM1, ADD1, AGER)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포

유사 유전자형	유전자집합			N	평균± 표준편차
	APM1 T45G	ADD1 G460W	AGER G82S		
1	GG	TG	GG	6	-6.17 ± 15.13
	GG	TT	GA		
2	GG	TG	GA	191	19.12 ± 18.05
	GG	TT	GG		
	GT	GG	GA/GG		
	GT	TG	AA		
	GT	TT	AA/GG		
	TT	GG/TG/TT	GG		
3	GG	GG	GG	146	25.86 ± 15.63
	GT	TG	GA/GG		
	GT	TT	GA		
	TT	GG	GA		
	TT	TG/TT	AA/GA		



[표 9] (APM1,ADD1,GNB3,ACE)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포

유사 유전자형	유전자집합				N	평균± 표준편차
	APM1 T45G	ADD1 G460W	GNB3 C825T	ACE ID		
1	GG	TG	CT/TT	ID/II	9	-10.78± 13.78
	GG	TT	TT	ID		
	GT/TT	TT	CC	DD		
2	GG	TG	CC	II	63	11.76± 17.62
	TT	TG	CT	DD		
	GG	TT	CC/CT	ID		
	GT	GG	CC	DD/ID		
	GT	GG	CT	DD		
	GT	TT	TT	DD/II		
	TT	GG	CC	II		
	TT	GG	CT	ID		
	TT	TG	TT	ID		
3	TT	TT	TT	DD/ID	220	23.08± 15.82
	GG	GG	CC	ID/II		
	GG	GG	CT	II		
	GG	GG	TT	ID		
	GG	TG	CC	ID		
	GG	TT	CT	II		
	GT	GG	CC	II		
	GT	GG	CT	ID/II		
	GT	TG	CC	DD/ID/II		
	GT	TG	CT/TT	ID		
	GT	TG	TT	II		
	GT	TT	CC	ID		
	GT	TT	CT	DD/ID/II		
	GT	TT	TT	ID		
	TT	GG	CT	DD		
	TT	GG	TT	ID		
	TT	TG	CC	DD/ID/II		
	TT	TG	CT	DD/ID/II		
TT	TT	CC	ID			
TT	TT	CT	DD/ID/II			
TT	TT	TT	II			
4	GG	GG	CC	DD	51	32.71± 13.43
	GG	GG	CT	ID		
	GG	TT	TT	II		
	GT	GG	TT	ID		
	GT	TG	CT	DD/II		
	GT	TG	TT	DD		
	GT	TT	CC	II		
	TT	GG	CC	ID		
	TT	GG	CT	II		
	TT	TG	TT	DD/II		
TT	TT	CC	II			

[표 10] (MTHFR,ADD1,ADRB2,MMP9)집합의 유사유전자형 및 양적형질 분포

유사 유전자형	유전자집합				N	평균± 표준편차
	MTHFR C677T	ADD1 G460W	ADRB2 G16R	MMP9 C-1562T		
1	CC	GG	GA	CT/TT	17	-15.89± 17.03
	CC	TG	AA	CT		
	CT	GG	AA	CT		
	TT	GG	GA	CC/CT		
	TT	TT	GG	CT		
2	CC	GG	GA	CC	193	18.41± 17.94
	CC	TG	GG	CC		
	CC	TT	AA	CC		
	CC	TT	GA	CC/CT		
	CT	GG	GA	CC		
	CT	TG	AA	CC		
	CT	TG	GA	CC/TT		
	CT	TG	GG	CT		
	CT	TT	AA	CC		
	CT	TT	GA	CC/CT		
	TT	GG	GG	CT		
	TT	TG	AA/GA/GG	CC		
	TT	TT	AA	CC/CT		
3	CC	TG	GA	CC/CT	91	25.80± 13.92
	CC	TT	GG	CT		
	CT	GG	GA	CT		
	CT	GG	GG	CC		
	CT	TG	AA/GA	CT		
	CT	TG	GG	CC		
	CT	TT	AA	CT		
	CT	TT	GG	CC		
	TT	TG	GA	CT		
TT	TT	GA	CC			
4	CC	GG	AA	CC/CT	42	34.76± 11.44
	CC	GG	GG	CC		
	CC	TG	AA	CC		
	CC	TT	AA	CT		
	CC	TT	GG	CC		
	CT	GG	AA	CC		
	CT	TT	GG	CT		
	TT	GG	GG	CC		
	TT	TG	AA/GG	CT		

## 제 4 장 고 찰 및 결 론

제안방법은 후보유전자들과 양적형질간의 관련성 분석 시, 상호작용하는 유전자집합의 유사유전자형을 규명하고 양적형질과의 관련성을 검정하기 위해 개발되었다. 제안방법의 주요한 장점은 요인수에 따른 모든 유전자조합의 상호작용 형태를 효율적으로 찾아내고, 통계적인 유의성을 얻을 수 있으며, 요인수에 따른 최량 모형 결정 및 요인수간의 비교도 가능하다는데 있다. 모의실험자료를 이용하여 일부 epistasis 모형에 제안방법을 적용한 결과, 양적형질과 고차원 유전자-유전자 상호작용 형태로 관련되어 있는 유전자집합을 규명하는 검정력이 높음을 확인했다. 혈관의 경화정도를 나타내는 Carotid AI와 관련있는 유전자집합을 찾아내기 위해 CGC자료에 제안방법을 적용하여 유의한 삼요인 상호작용 및 사요인 상호작용 유전자집합을 밝혀냈다.

제안방법의 장점은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫번째, 독립적으로는 영향력이 없지만 합쳐지면 예측인자가 되는 최량의 유전자집합을 규명할 수 있다. 두번째는 고차원의 다중유전자형은 유사유전자형으로 차원축소를 한 다음 모형에 포함되기 때문에 불필요한 모수추정을 하지 않아도 된다는 것이다. 따라서 제1종 오류의 증가 및 추정량의 편향성을 극복할 수 있다. 세번째는 양적형질과 관련있는 다양한 유전자집합을 밝힐 수 있다는 것이다. 네번째 동시에 고려하는 유전자개수에 따라 최량의 유전자집합을 알 수 있고, 그 유전자집합간의 설명력 비교가 가능하다. 다섯째 양적형질의 유전적

가정을 하지 않으므로 유연한 예측모형 구현이 가능하다. 여섯째, 혼란변수를 통제하였을 때, 양적형질에 대한 설명력이 높은 유전자집합을 찾을 수 있다. 이는 단계 2에서 혼란변수를 유전자집합의 변수와 함께 독립변수로 모형에 넣음으로 구현할 수 있다. 마지막으로 제안방법은 모든 유전자조합마다 검정을 위한 분포를 생성하여 사용한다. 연속적인 순열검정은 모든 유전자조합들의 유의성을 평가하기 위해 제안되었다. 이러한 검정방법은 보수적이어서 모형에 포함된 유전자의 수가 많을 때, 저차원 효과를 찾아내는 검정력이 낮아질 수 있다(Mei, Ma et al. 2005). 비록 모든 유전자조합마다 각각의 가설검정을 필요로 하지만, 이러한 절차는 단일유전자 탐지 또는 다중유전자 효과 탐지에 대한 검정력을 유지하고, 유전자조합들을 비교하는데 유전자의 수가 검정력에 직접적으로 영향을 끼치지 않게 된다.

제안방법의 단점은 다음과 같다. 동시에 고려한 유전자의 개수가 많아지면 유사유전자형을 구성하기 위한 계산량이 많아진다. 또한 다중검정 시 본페로니 수정을 하는데, 유전자의 개수가 많아지면 다중유전자형의 개수도 증가하여 false-negative로 인한 손실을 야기한다. 또한, 분석대상 유전자수는 많은데 상대적으로 수집된 관측치의 개수가 적으면 다중유전자형에 할당된 관측치의 개수가 적어서 형질 분포에 대한 검정을 거치지 않고 병합되게 된다. 제안방법과 같은 방법은 주효과 또는 유전적이질성이 존재할 때는 제한점을 갖는다. 제1종 오류 및 검정력과 관련된 특성이 전통적인 접근법과 완전히 비교된 적이 없다는 점에 기인한다. 제안방법의 또 다른 결점은 최량 모형이 상호작용 효과를 포함하는지 또는



오직 주효과만 포함하고 있는지를 미리 확신할 수 없다는 것이다. 많은 시간을 들여 이요인 상호작용부터 고차원 상호작용까지 고려한 결과가 주효과만을 포함하고 있을 수도 있다.

제안방법방법을 적용함에 있어 해결되지 않은 문제점들을 있다. 첫째가 결과의 해석이 쉽지 않다는 점이다. 실제자료 분석의 결과를 보면, 세 개 유전자의 유사유전자형에 따른 삼차원 공간상의 분포를 보면, 어떠한 경향이나 패턴을 발견할 수 없어 좀 더 명확한 결론을 내리기 힘들다. 그러나 유전자-유전자 상호작용의 복합적인 특성에 상호작용에 대한 통계학적 의미와 유전학적 의미의 차이가 추가되기 때문에 상호작용을 포함하고 있는 다중유전자 모형의 해석은 매우 어려운 작업이기에 더 많은 연구가 이루어져야 한다(Cordell, Todd et al. 2001; Moore and Williams 2005). 둘째로는 genotyping 오류가 제안방법 분석 결과에 영향을 끼칠 수 있다는 점이다. 특히 genotyping 오류가 형질의 분포에 의존할 경우, 제안방법의 결과는 큰 영향을 받게 된다.

제안방법의 발전가능성은 다음과 같다. 첫째 유전자-환경인자의 상호작용을 고려한 모형으로 발전할 수 있다. 단계 2의 양적형질에 대한 모형화 과정 시, 독립변수의 적절한 가감을 통해 쉽게 구현할 수 있다. 둘째 경시적자료(longitudinal data)의 분석에 적용할 수 있다. 의학자료는 일회성 관측치 보다는 연속성 관측치인 경우가 많다. 이러한 자료를 이용하면, 유사 다중유전자형 집합별로 양적형질의 시간에 따른 증감 양상을 분석할 수 있다(Cox and Solomon 2003). 셋째 질적형질에 대한 분석으로 변형이 가능하다.

넷째, 다중비교로 인한 유의수준 조정방법으로 FDR(false discovery rate) 제어법을 적용할 수 있다. 제안방법은 단계적 집단화 과정에서 연속적으로 가설검정이 수행되고 그 결과  $m$  개의 유의확률  $P_1, P_2, \dots, P_m$  를 얻게 된다. 이때  $m$  이 커지면, 기존의 유의수준에 따른 가설검정은 상당수의 잘못된 기각을 초래한다. 이를 극복하고자 제안방법에서는 본페로니 수정방법을 사용하고 있다. 이 방법을 귀무가설을 잘못 기각할 기대횟수인 FDR을 조정하는 방법으로 대체해볼 수도 있다(Benjamini, Drai et al. 2001). FDR을 제어하면 귀무가설일 참일 때는 전체 오류율을 제어하게 되어 본페로니 방법과 동일한 결과이고, 귀무가설이 거짓일 때는 높은 검정력의 결과를 도출한다(Devlin, Roeder et al. 2003).

유전자-유전자 상호관계는 복잡적이며 분명하게 밝혀진 것이 없기에, 유전자간 상호작용과 관련된 대부분의 방법들은 상호작용을 하는 유전자들의 집합을 찾아내고자 한다(Nelson, Kardia et al. 2001; Ritchie, Hahn et al. 2001; Culverhouse, Klein et al. 2004). CPM과 RPM은 두 방법 모두 양적형질의 변동을 가장 잘 설명하는 “좋은” 분할형태의 유전자집합을 찾아내는데 목적이 있다. 그러나 CPM은 엄청난 계산량으로 삼요인 이상의 상호작용 모형을 구현이 불가능하다. RPM은 다중유전자형을 전향적 병합방법을 사용함으로써 CPM의 엄청난 계산량을 효과적으로 감소시켰지만, 평균차이를 기준으로 하여 병합하고, 새로운 병합으로 인해 이질성이 높아진 유전자형이 있어도 제거되지 못한다는 문제가 있다. 제안방법도 위의 두 방법의 한계점을 극복하면서 양적형질에 영향을 주는 유전자집합을 찾아내고자 했다. 특히,

고차원의 상호작용 모형의 구현이 가능하고 병합된 유사유전자형의 재탐색을 통해 신뢰성을 높였다는데 가치가 높다 하겠다.

## 참 고 문 헌

- Aston, C. E., D. A. Ralph, et al. (2005). "Oligogenic combinations associated with breast cancer risk in women under 53 years of age." Hum Genet **116**(3): 208-21.
- Balasubramani, G. K., S. R. Wisniewski, et al. (2005). "Development of an efficient SAS macro to perform permutation tests for two independent samples." Computer methods and programs in biomedicine **79**(2): 179-87.
- Barlassina, C., C. Lanzani, et al. (2002). "Genetics of essential hypertension: from families to genes." J Am Soc Nephrol **13 Suppl 3**: S155-64.
- Bastone, L., M. Reilly, et al. (2004). "MDR and PRP: a comparison of methods for high-order genotype-phenotype associations." Hum Hered **58**(2): 82-92.
- Benjamini, Y., D. Drai, et al. (2001). "Controlling the false discovery rate in behavior genetics research." Behav Brain Res **125**(1-2): 279-84.
- Burnham, K. P. and K. P. Burnham (2002). Model selection and multimodel inference : a practical information-theoretic approach. New York, Springer.
- Carrasquillo, M. M., A. S. McCallion, et al. (2002). "Genome-wide association study and mouse model identify interaction between RET and EDNRB pathways in Hirschsprung disease." Nat Genet **32**(2): 237-44.
- Coffey, C. S., P. R. Hebert, et al. (2004). "Reporting of model validation procedures in human studies of genetic interactions." Nutrition **20**(1): 69-73.
- Cole, S. R. (1999). "Simple bootstrap statistical inference using the SAS system." Computer methods and programs in biomedicine **60**(1): 79-82.
- Cordell, H. J. (2002). "Epistasis: what it means, what it doesn't mean, and statistical methods to detect it in humans." Human molecular genetics **11**(20): 2463-8.
- Cordell, H. J., J. A. Todd, et al. (2001). "Statistical modeling of interlocus interactions in a complex disease: rejection of the multiplicative model of epistasis in type 1 diabetes." Genetics **158**(1): 357-67.
- Cox, D. R. and P. J. Solomon (2003). Components of variance. Boca Raton, Fla., Chapman & Hall/CRC.
- Culverhouse, R., T. Klein, et al. (2004). "Detecting epistatic interactions contributing to quantitative traits." Genet Epidemiol **27**(2): 141-52.

- Devlin, B., K. Roeder, et al. (2003). "Analysis of multilocus models of association." Genet Epidemiol **25**(1): 36-47.
- Feenstra, B. and I. M. Skovgaard (2004). "A quantitative trait locus mixture model that avoids spurious LOD score peaks." Genetics **167**(2): 959-65.
- Frankel, W. N. and N. J. Schork (1996). "Who's afraid of epistasis?" Nat Genet **14**(4): 371-3.
- Heidema, A. G., J. M. Boer, et al. (2006). "The challenge for genetic epidemiologists: how to analyze large numbers of SNPs in relation to complex diseases." BMC Genet **7**: 23.
- Hennequet-Antier, C., H. Chiapello, et al. (2005). "AnovArray: a set of SAS macros for the analysis of variance of gene expression data." BMC bioinformatics **6**: 150.
- Hirschhorn, J. N., K. Lohmueller, et al. (2002). "A comprehensive review of genetic association studies." Genet Med **4**(2): 45-61.
- Hoh, J. and J. Ott (2003). "Mathematical multi-locus approaches to localizing complex human trait genes." Nat Rev Genet **4**(9): 701-9.
- Hoh, J., A. Wille, et al. (2001). "Trimming, weighting, and grouping SNPs in human case-control association studies." Genome Res **11**(12): 2115-9.
- Hsueh, W. C., S. A. Cole, et al. (2001). "Interactions between variants in the beta3-adrenergic receptor and peroxisome proliferator-activated receptor-gamma2 genes and obesity." Diabetes Care **24**(4): 672-7.
- Kuida, S. and D. R. Beier (2000). "Genetic localization of interacting modifiers affecting severity in a murine model of polycystic kidney disease." Genome Res **10**(1): 49-54.
- Mei, H., D. Ma, et al. (2005). "Extension of multifactor dimensionality reduction for identifying multilocus effects in the GAW14 simulated data." BMC Genet **6 Suppl 1**: S145.
- Millstein, J., D. V. Conti, et al. (2006). "A testing framework for identifying susceptibility genes in the presence of epistasis." Am J Hum Genet **78**(1): 15-27.
- Moore, J. H. (2003). "The ubiquitous nature of epistasis in determining susceptibility to common human diseases." Hum Hered **56**(1-3): 73-82.
- Moore, J. H. (2004). "Computational analysis of gene-gene interactions using multifactor dimensionality reduction." Expert Rev Mol Diagn **4**(6): 795-803.

- Moore, J. H., L. W. Hahn, et al. (2004). "Routine discovery of complex genetic models using genetic algorithms." Applied Soft Computing **4**: 79-86.
- Moore, J. H., J. M. Lamb, et al. (2002). "A comparison of combinatorial partitioning and linear regression for the detection of epistatic effects of the ACE I/D and PAI-1 4G/5G polymorphisms on plasma PAI-1 levels." Clin Genet **62**(1): 74-9.
- Moore, J. H. and S. M. Williams (2005). "Traversing the conceptual divide between biological and statistical epistasis: systems biology and a more modern synthesis." Bioessays **27**(6): 637-46.
- Nelson, M. R., S. L. Kardia, et al. (2001). "A combinatorial partitioning method to identify multilocus genotypic partitions that predict quantitative trait variation." Genome Res **11**(3): 458-70.
- Nicolae, D. L. and N. J. Cox (2002). "MERLIN...and the geneticist's stone?" Nat Genet **30**(1): 3-4.
- Olson, J. M., K. A. Goddard, et al. (2002). "A second locus for very-late-onset Alzheimer disease: a genome scan reveals linkage to 20p and epistasis between 20p and the amyloid precursor protein region." Am J Hum Genet **71**(1): 154-61.
- Phillips, P. C. (1998). "The language of gene interaction." Genetics **149**(3): 1167-71.
- Risch, N., D. Spiker, et al. (1999). "A genomic screen of autism: evidence for a multilocus etiology." Am J Hum Genet **65**(2): 493-507.
- Risch, N. J. (2000). "Searching for genetic determinants in the new millennium." Nature **405**(6788): 847-56.
- Ritchie, M. D., L. W. Hahn, et al. (2003). "Power of multifactor dimensionality reduction for detecting gene-gene interactions in the presence of genotyping error, missing data, phenocopy, and genetic heterogeneity." Genet Epidemiol **24**(2): 150-7.
- Ritchie, M. D., L. W. Hahn, et al. (2001). "Multifactor-dimensionality reduction reveals high-order interactions among estrogen-metabolism genes in sporadic breast cancer." Am J Hum Genet **69**(1): 138-47.
- Roldan, V., R. Gonzalez-Conejero, et al. (2005). "Five prothrombotic polymorphisms and the prevalence of premature myocardial infarction." Haematologica **90**(3): 421-3.
- Schork, N. J., D. B. Allison, et al. (1996). "Mixture distributions in human genetics research." Statistical methods in medical research **5**(2): 155-78.

- Sorensen, D. and R. Waagepetersen (2003). "Normal linear models with genetically structured residual variance heterogeneity: a case study." Genetical research **82**(3): 207-22.
- Thornton-Wells, T. A., J. H. Moore, et al. (2004). "Genetics, statistics and human disease: analytical retooling for complexity." Trends Genet **20**(12): 640-7.
- Weeks, D. E. and G. M. Lathrop (1995). "Polygenic disease: methods for mapping complex disease traits." Trends Genet **11**(12): 513-9.
- Williams, S. M., J. H. Addy, et al. (2000). "Combinations of variations in multiple genes are associated with hypertension." Hypertension **36**(1): 2-6.
- Williams, S. M., M. D. Ritchie, et al. (2004). "Multilocus analysis of hypertension: a hierarchical approach." Human heredity **57**(1): 28-38.
- Zee, R. Y., J. Hoh, et al. (2002). "Multi-locus interactions predict risk for post-PTCA restenosis: an approach to the genetic analysis of common complex disease." The pharmacogenomics journal **2**(3): 197-201.

## 부 록

### 부록1 – 제안방법 프로그램 코드 (SAS/Macro)

#### A. 주 실행 매크로 : main(minsnp,maxsnp)

```
/*Define*/
%let dsn=DatasetName; /*분석 자료명*/
%let totalsnp=5; /*분석 대상 유전자의 개수*/
%let snplist=SNP1 SNP2 SNP3 SNP4 SNP5; /*분석 대상 유전자의 변수 목록*/
%let minsnp=2; /*동시에 조합을 구성할 최소 유전자 개수*/
%let maxsnp=5; /*동시에 조합을 구성할 최대 유전자 개수, ≤ totalsnp*/
%let y=QT; /*양적형질 변수*/
%let alpha=0.05; /*유전자형 집단화 단계의 유의수준*/
%let indi_id=ID; /*자료 내 식별자*/
%let covlist=X1 X2; /*공변량 변수 목록*/
%let nperm=1000; /*permutation 횟수*/
%let seed=1038; /*permutation 초기값*/

/*Main Macro*/
%macro main(minsnp,maxsnp)/store;
  %gen_combi(minsnp=&&minsnp,maxsnp=&maxsnp);
  %do gi=1 %to &maxiter; /*&maxiter = 유전자 조합의 총 수*/
    %grouping1(&gi);
    %grouping2(&gi);
    %modeling(&gi);
  %end;
  %permdist(&nperm,&seed)
%mend;
```



B. SNP의 모든 조합의 생성 매크로 : gen\_combi(minsnp,maxsnp)

```
%macro gen_combi(minsnp, maxsnp)/store;
%let grn=1;
proc sql noprint;
  select mean(&y), std(&y)
  into :avg_y, :std_y from &dsn;
data CombiT;set &dsn(keep=&y &snplist &indi_id);
  anal_y=&y;
  array S[*] $ &snplist;
%do ri=&minsnp %to &maxsnp;
  %do gi1=1 %to &totalsnp;
    %do gi2=&gi1+1 %to &totalsnp;
      %if &ri=2 %then %do;
        g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2]);
        label g&grn="&gi1.,&gi2";
        %let grn=%eval(&grn+1);
      %end;
      %if &ri=3 %then %do;
        %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
          g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3]);
          label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3";
          %let grn=%eval(&grn+1);
        %end;
      %end;
      %if &ri=4 %then %do;
        %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
          %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
            g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compress(S[&gi4]);
            label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4";
            %let grn=%eval(&grn+1);
          %end;
        %end;
      %end;
      %if &ri=5 %then %do;
        %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
          %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
```

```

        %do gi5=&gi4+1 %to &totalsnp;
            g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compress(S[&gi4]
)||compress(S[&gi5]);
            label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4.,&gi5";
            %let grn=%eval(&grn+1);
        %end;
    %end;
%end;
%end;
%if &ri=6 %then %do;
    %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
        %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
            %do gi5=&gi4+1 %to &totalsnp;
                %do gi6=&gi5+1 %to &totalsnp;
                    g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compress(S[&g
i4])||compress(S[&gi5])||compress(S[&gi6]);
                    label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4.,&gi5.,&gi6";
                    %let grn=%eval(&grn+1);
                %end;
            %end;
        %end;
    %end;
%end;
%if &ri=7 %then %do;
    %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
        %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
            %do gi5=&gi4+1 %to &totalsnp;
                %do gi6=&gi5+1 %to &totalsnp;
                    %do gi7=&gi6+1 %to &totalsnp;
                        g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compress(S[
&gi4])||compress(S[&gi5])||compress(S[&gi6])||compress(S[&gi7]);
                        label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4.,&gi5.,&gi6.,&gi7";
                        %let grn=%eval(&grn+1);
                    %end;
                %end;
            %end;
        %end;
    %end;
%end;

```

```

%end;
%if &ri=8 %then %do;
  %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
    %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
      %do gi5=&gi4+1 %to &totalsnp;
        %do gi6=&gi5+1 %to &totalsnp;
          %do gi7=&gi6+1 %to &totalsnp;
            %do gi8=&gi7+1 %to &totalsnp;
              g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compress(
S[&gi4])||compress(S[&gi5])||compress(S[&gi6])||compress(S[&gi7])||compress(S[&gi8]);
              label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4.,&gi5.,&gi6.,&gi7.,&gi8";
              %let grn=%eval(&grn+1);
            %end;
          %end;
        %end;
      %end;
    %end;
  %end;
%end;
%end;
%end;
%end;
%end;
%end;
%end;
%if &ri=9 %then %do;
  %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
    %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
      %do gi5=&gi4+1 %to &totalsnp;
        %do gi6=&gi5+1 %to &totalsnp;
          %do gi7=&gi6+1 %to &totalsnp;
            %do gi8=&gi7+1 %to &totalsnp;
              %do gi9=&gi8+1 %to &totalsnp;
                g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compres
s(S[&gi4])||compress(S[&gi5])||compress(S[&gi6])||compress(S[&gi7])||compress(S[&gi8])||compress(S
[&gi9]);
                label g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4.,&gi5.,&gi6.,&gi7.,&gi8.,&gi9";
                %let grn=%eval(&grn+1);
              %end;
            %end;
          %end;
        %end;
      %end;
    %end;
  %end;
%end;
%end;

```

```

    %end;
%end;
%if &ri=10 %then %do;
    %do gi3=&gi2+1 %to &totalsnp;
        %do gi4=&gi3+1 %to &totalsnp;
            %do gi5=&gi4+1 %to &totalsnp;
                %do gi6=&gi5+1 %to &totalsnp;
                    %do gi7=&gi6+1 %to &totalsnp;
                        %do gi8=&gi7+1 %to &totalsnp;
                            %do gi9=&gi8+1 %to &totalsnp;
                                %do gi10=&gi9+1 %to &totalsnp;
                                    g&grn=compress(S[&gi1])||compress(S[&gi2])||compress(S[&gi3])||compress(S[&gi4])||compress(S[&gi5])||compress(S[&gi6])||compress(S[&gi7])||compress(S[&gi8])||compress(S[&gi9])||compress(S[&gi10]);
                                        label
g&grn="&gi1.,&gi2.,&gi3.,&gi4.,&gi5.,&gi6.,&gi7.,&gi8.,&gi9.,&gi10";
                                        %let grn=%eval(&grn+1);
                                        %end;
                                    %end;
                                %end;
                            %end;
                        %end;
                    %end;
                %end;
            %end;
        %end;
    %end;
%end;%end;%end;
drop &snplist;
%global maxiter;
%let maxiter=%eval(&grn-1);
run;
%mend;

```

C. 원소수가 5 이하면 평균기준으로 유전자형 집단화 매크로 : grouping1(gi)

```

%macro grouping1(gi)/store;
data grtmpT;set CombiT(keep=&indi_id g&gi anal_y);run;

```

```

proc sql;
  create table Stat as
  select g&gi, count(anal_y) as n, avg(anal_y) as avg from grtmpT
  group by g&gi
  order by avg;
quit;
data Stat;set Stat nobs=numobs;
  g1 gr&gi=_n_;
  call symput ('rawgrn',left(numobs));
proc sort;by g&gi;run;

proc sort data=grtmpT;by g&gi;run;
data grtmpT;merge grtmpT Stat(keep=g&gi g1 gr&gi);by g&gi;run;
data b;set Stat; if n<=5;run;
data _null_;set b nobs=numobs;
  %let n5cell=0;
  call symput ('n5cell',left(numobs)); /*원소수가 5이하인 유전자형 개수*/
run;

%do %while(&n5cell>=1);
  data n5;set Stat;
    %do i=1 %to &rawgrn;
      %do j=&i+1 %to &rawgrn;
        tgr1=&i;
        tgr2=&j;
        if g1 gr&gi=&i then output;
      %end;
    %end;
  rename n=n1 avg=avg1;
proc sort;by tgr2;run;

proc sort data=Stat;by g1 gr&gi;run;
data n5;merge n5 Stat(rename=(g1 gr&gi=tgr2 n=n2 avg=avg2 ));by tgr2;
  if tgr1=" or tgr2=" then delete;
  if n1=" or n2=" then delete;
  avgdif=abs(avg1-avg2);

```

```

proc sort;by avgdif;run;

data a;set n5;by avgdif;if n1<=5 or n2<=5;run;
data _null_;set a;if _n_=1;
    call symput ('n5old',left(tgr2));
    call symput ('n5new',left(tgr1));
run;
data grtmpT;set grtmpT;
    if g1gr&gi=&n5old then g1gr&gi=&n5new;
run;

proc sql;
    create table Stat as
    select g1gr&gi, count(anal_y) as n, avg(anal_y) as avg from grtmpT
    group by g1gr&gi
    order by avg;
quit;
data b;set Stat; if n<=5;run;
data _null_;set b nobs=numobs;
    %let n5cell=0;
    call symput ('n5cell',left(numobs));
run;
%end; /*%do %while(&n5cell<=5);*/

proc sort data=Stat;by g1gr&gi;run;
data g1grnew;set Stat;by g1gr&gi;
    g1gr&gi.new=_n_;
    keep g1gr&gi g1gr&gi.new;
proc sort;by g1gr&gi;run;
proc sort data=grtmpT;by g1gr&gi;run;
data grtmpT;merge grtmpT g1grnew;by g1gr&gi;run;
data grtmpT;set grtmpT;
    drop g1gr&gi;
    rename g1gr&gi.new=g1gr&gi;
run;
%mend;

```

D. 두집단 평균검정(이분산)에 근거하여 유전자형 집단화 매크로 :  
grouping2(gi)

```
%macro grouping2(gi)/store;
dm 'clear log';
dm 'clear output';

data grtmpT;set grtmpT;
  g2gr&gi=g1gr&gi;
run;
proc summary data=grtmpT nway;
  class g2gr&gi;
  var anal_y;
  output out=Stat n=n;
run;
data _null_;set Stat nobs=numobs;
  call symput ('rawgrn',left(numobs));
run;

/*forward 집단화 단계*/
%let join=1;
%do %while(&join=1);
proc sql;
  create table Stat as
  select g2gr&gi, count(anal_y) as n, avg(anal_y) as avg, std(anal_y) as s from grtmpT
  group by g2gr&gi
  order by avg;
quit;
data tmp;set Stat;
  %do i=1 %to &rawgrn;
    %do j=&i+1 %to &rawgrn;
      tgr1=&i;
      tgr2=&j;
      if g2gr&gi=&i then output;
    %end;
  %end;
rename n=n1 avg=avg1 s=std1;
```

```

proc sort;by tgr2;run;

proc sort data=Stat;by g2gr&gi;run;
data TT;merge tmp Stat(rename=(g2gr&gi=tgr2 n=n2 avg=avg2 s=std2));by tgr2;
  if tgr1=" or tgr2=" then delete;
  if n1=" or n2=" then delete;
run;
data TT; set TT NOBS=TotalCombi;
  w1=std1**2/n1;
  w2=std2**2/n2;
  Tvalue=(avg1-avg2)/sqrt(w1+w2);
  df=(w1+w2)**2/(w1**2/(n1-1)+w2**2/(n2-1));
  Pvalue=(1-probt(abs(Tvalue),df))*2;
  adjP=Pvalue*TotalCombi;
proc sort;by descending adjP;run;

data JoinList;set TT;if adjP>&alpha and _n_=1;run;
data JoinList;set JoinList nobs=numobs;
  %let join=0;
  call symput ('join',left(numobs));
  call symput ('groid',left(tgr2));
  call symput ('grnew',left(tgr1));
run;

data grtmpT;set grtmpT;
  if g2gr&gi=&groid then g2gr&gi=&grnew;
run;
/*forward 집단화 단계 끝*/

/*Backward 집단화 단계*/
%if &join=1 %then %do;
  proc sql;
    create table backStat as
    select g1gr&gi, g2gr&gi, count(anal_y) as n1, avg(anal_y) as avg1, std(anal_y) as std1 from
grtmpT
    where g2gr&gi=&grnew
    group by g1gr&gi,g2gr&gi

```



```

order by g1gr&gi;
quit;
data backStat;set backStat nobs=numobs;
call symput ('back',left(numobs));
backnum=_n_;run;
%if &back>=3 %then %do;
%do biter=1 %to &back;
proc sql;
%if &biter=1 %then %do;
create table backtmp as
%end;
%else %do;
insert into backtmp
%end;
select sum(n1) as n2, sum(n1*avg1) as sum2, sum((n1-1)*(std1**2)) as vdev2
from backStat
where backnum^=&biter;
quit;
%end; /*%do biter=1 %to &back;*/
%end; /*%if &back>=3 %then %do;*/
%end;
/*Backward 집단화 단계 끝*/
%end;
%mend;

```

E. 이분산모형에 적용하여 corrected AIC 산출 매크로 :modeling(gi)

```

%macro modeling(gi)/store;
proc sort data=grtmpT;by &indi_id;run;
proc sort data=combiT;by &indi_id;run;
%if &gi=1 %then %do;
data groupingT;merge combiT grtmpT(keep=&indi_id g2gr&gi);by &indi_id;
proc sort;by &indi_id;run;
%end;
%if &gi>1 %then %do;
data groupingT;merge groupingT grtmpT(keep=&indi_id g2gr&gi);by &indi_id;
proc sort;by &indi_id;run;

```

```

%end;

data DataT;set &dsn(keep=&indi_id &covlist );proc sort;by &indi_id;run;
data DataT;merge DataT grtmpT(keep=&indi_id g2gr&gi anal_y);by &indi_id;run;
proc mixed data=DataT noclprint noinfo noitprint ;
  class g2gr&gi;
  model anal_y= g2gr&gi;
  repeated /sub=g2gr&gi;
  ods output fitstatistics=mixedT;
run;
data mixedT;set mixedT;
  format ModelType $10.;
  if substr(descr,1,4)="AICC";
  ModelType="g.&gi";
run;

%if &gi=1 %then %do;
  data AICCT;set mixedT; run;
%end;
%else %do;
  proc append base=AICCT data=mixedT;run;
%end;
%mend;

```

#### F. 순열 검정 매크로 : permDIST(nperm,seed)

```

%macro permDIST(nperm, seed)/store;
proc multtest data=&dsn order=data notables permutation nsample=&nperm seed=&seed noprint
outsamp=z;
  class &indi_id;
  test mean(&y);
run;
proc sort data=z;by _sample__class_;run;

%let dsn=p_combiT;
data p_combiT;set combiT;run;

```

```

%do p=1 %to &nperm;
  proc sort data=p_combiT;by &indi_id;run;
  data ztmp;set z;if _sample_=&p;
    rename _class_=&indi_id;
  proc sort;by &indi_id;run;
  data combiT;merge p_combiT(drop=&y anal_y) ztmp(rename=(&y=anal_y));by &indi_id;run;
  %do gi=1 %to &maxiter;
    %grouping1(&gi);
    %grouping2(&gi);
    %modeling(&gi);
  %end;
  %if &p=1 %then %do;
    data p_AICCT;set aiccT;run;
  %end;
  %else %do;
    proc append base= p_AICCT data=aiccT;run;
  %end;
%end;
%mend;

```

## 부록2 - 모의실험 분석 결과

- 유전자 집합 : g1~g26

상호작용	집합명	집합에 포함된 유전자명
이요인	g1	유전자 1,2
	g2	유전자 1,3
	g3	유전자 1,4
	g4	유전자 1,5
	g5	유전자 2,3
	g6	유전자 2,4
	g7	유전자 2,5
	g8	유전자 3,4
	g9	유전자 3,5
	g10	유전자 4,5
삼요인	g11	유전자 1,2,3
	g12	유전자 1,2,4
	g13	유전자 1,2,5
	g14	유전자 1,3,4
	g15	유전자 1,3,5
	g16	유전자 1,4,5
	g17	유전자 2,3,4
	g18	유전자 2,3,5
	g19	유전자 2,4,5
	g20	유전자 3,4,5
사요인	g21	유전자 1,2,3,4
	g22	유전자 1,2,3,5
	g23	유전자 1,2,4,5
	g24	유전자 1,3,4,5
	g25	유전자 2,3,4,5
오요인	g26	유전자 1,2,3,4,5

- AICc : 수정된 Akaike 정보 기준
- Pval : 수정되지 않은 유의확률
- SIMi : 자료번호 1~100번 = 이요인 바둑판모형 (참모형 g1)  
 101~200번 = 이요인 대각모형 (참모형 g1)  
 201~300번 = 삼요인 바둑판모형 (참모형 g11)  
 301~400번 = 삼요인 대각모형 (참모형 g11)

SIMi	g1		g2		g3		g4		g5		g6		g7		g8		g9	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
1	1108.2	0.000	1732.7	0.966	1732.8	0.967	1735.4	0.984	1669.1	0.565	1669.1	0.573	1732.8	0.973	1669.1	0.608	1734.0	0.974
2	1139.7	0.000	1730.9	0.962	1662.5	0.530	1693.1	0.771	1731.3	0.965	1725.9	0.945	1692.2	0.781	1730.9	0.971	1726.3	0.924
3	1082.5	0.000	1622.9	0.159	1620.9	0.180	1651.6	0.426	1653.8	0.412	1623.1	0.184	1620.7	0.168	1651.3	0.402	1591.4	0.033
4	1166.7	0.000	1685.4	0.713	1653.6	0.421	1712.3	0.910	1712.7	0.893	1652.4	0.416	1681.5	0.707	1686.1	0.739	1649.5	0.374
5	1089.6	0.000	1641.3	0.289	1668.2	0.596	1670.3	0.579	1641.6	0.313	1707.3	0.878	1703.8	0.842	1669.3	0.823	1672.0	0.616
6	1238.3	0.000	1658.8	0.506	1628.1	0.204	1691.0	0.798	1698.1	0.802	1694.0	0.789	1625.0	0.171	1632.2	0.227	1695.6	0.828
7	1163.3	0.000	1698.9	0.844	1731.8	0.968	1669.0	0.582	1695.5	0.806	1729.6	0.955	1701.1	0.827	1730.3	0.948	1699.7	0.843
8	1119.2	0.000	1626.5	0.206	1650.4	0.389	1622.4	0.181	1656.8	0.463	1654.1	0.402	1689.2	0.766	1655.0	0.454	1689.5	0.757
9	1149.4	0.000	1587.2	0.007	1594.5	0.029	1626.0	0.179	1633.2	0.220	1664.1	0.557	1630.8	0.198	1665.0	0.539	1629.8	0.218
10	1091.7	0.000	1649.3	0.404	1658.5	0.514	1685.5	0.738	1690.3	0.744	1658.5	0.496	1658.5	0.482	1686.0	0.746	1683.6	0.725
11	1038.7	0.000	1643.1	0.339	1678.1	0.677	1671.4	0.605	1612.8	0.081	1612.8	0.090	1611.9	0.085	1612.3	0.093	1612.8	0.090
12	1129.1	0.000	1633.3	0.237	1671.0	0.591	1637.8	0.283	1616.1	0.108	1614.0	0.105	1674.3	0.681	1679.8	0.708	1642.9	0.306
13	1155.8	0.000	1697.9	0.816	1663.0	0.521	1654.8	0.418	1694.4	0.807	1656.9	0.499	1690.8	0.769	1697.1	0.808	1691.8	0.790
14	1136.5	0.000	1635.3	0.274	1636.4	0.243	1636.5	0.268	1631.5	0.211	1636.1	0.251	1636.1	0.271	1628.5	0.208	1698.9	0.826
15	1060.0	0.000	1667.4	0.580	1650.9	0.391	1685.2	0.741	1645.7	0.355	1646.3	0.341	1682.5	0.724	1604.6	0.059	1637.9	0.252
16	1128.0	0.000	1609.0	0.070	1611.7	0.094	1642.5	0.293	1671.9	0.640	1674.0	0.615	1640.5	0.307	1669.8	0.588	1672.1	0.613
17	1176.2	0.000	1613.2	0.077	1676.8	0.670	1645.1	0.369	1676.2	0.648	1642.3	0.310	1641.6	0.280	1677.3	0.670	1677.7	0.687
18	1132.2	0.000	1652.2	0.431	1590.1	0.013	1621.0	0.160	1648.4	0.373	1618.7	0.130	1582.4	0.000	1590.1	0.015	1619.4	0.144
19	1228.9	0.000	1772.4	0.998	1737.0	0.981	1739.8	0.993	1769.1	0.996	1709.0	0.891	1707.0	0.859	1769.2	0.998	1709.0	0.898
20	1097.8	0.000	1638.8	0.278	1632.9	0.245	1638.8	0.273	1638.8	0.299	1668.2	0.558	1667.3	0.581	1701.3	0.831	1700.2	0.845
21	1133.2	0.000	1681.3	0.689	1649.4	0.369	1684.7	0.731	1643.4	0.345	1684.3	0.718	1650.8	0.391	1616.0	0.124	1617.6	0.123
22	1055.7	0.000	1620.2	0.167	1622.1	0.180	1620.9	0.149	1655.3	0.444	1622.3	0.170	1590.9	0.023	1655.6	0.436	1590.9	0.017
23	1236.1	0.000	1682.8	0.727	1672.7	0.602	1747.3	0.990	1713.7	0.900	1682.8	0.714	1712.1	0.902	1682.8	0.685	1682.8	0.739
24	1195.0	0.000	1669.6	0.588	1735.3	0.984	1669.6	0.574	1732.1	0.971	1698.9	0.821	1729.1	0.960	1698.1	0.851	1698.2	0.825
25	1145.1	0.000	1704.2	0.881	1712.4	0.905	1711.5	0.902	1681.9	0.686	1681.9	0.694	1713.7	0.906	1713.0	0.901	1681.9	0.709
26	1036.4	0.000	1663.1	0.528	1636.6	0.271	1636.6	0.259	1636.6	0.234	1636.6	0.253	1698.0	0.823	1636.6	0.252	1636.6	0.251
27	1161.3	0.000	1617.0	0.113	1646.4	0.350	1648.7	0.392	1617.0	0.127	1617.0	0.122	1616.5	0.119	1617.0	0.134	1617.0	0.150
28	1185.1	0.000	1643.5	0.305	1672.8	0.639	1675.8	0.649	1674.2	0.626	1645.3	0.356	1709.9	0.899	1673.9	0.658	1673.9	0.637
29	1191.9	0.000	1701.6	0.851	1687.7	0.735	1639.6	0.277	1694.0	0.799	1669.6	0.596	1639.6	0.309	1695.8	0.804	1669.8	0.586
30	1082.5	0.000	1644.6	0.328	1710.6	0.894	1647.7	0.362	1676.9	0.657	1649.6	0.413	1672.0	0.612	1678.7	0.680	1667.0	0.556
31	1227.0	0.000	1670.1	0.604	1729.1	0.956	1727.6	0.952	1739.3	0.983	1703.1	0.863	1697.6	0.818	1673.6	0.650	1693.6	0.797
32	1160.5	0.000	1690.5	0.016	1619.9	0.132	1590.5	0.020	1590.5	0.017	1590.5	0.020	1657.3	0.480	1621.5	0.183	1590.5	0.023
33	1112.2	0.000	1642.9	0.332	1643.7	0.303	1613.3	0.088	1613.3	0.100	1613.3	0.101	1613.0	0.085	1676.3	0.630	1642.0	0.304
34	1038.2	0.000	1702.1	0.859	1646.5	0.342	1641.0	0.303	1678.4	0.692	1646.5	0.358	1677.0	0.688	1710.5	0.882	1643.2	0.310
35	1176.4	0.000	1600.0	0.042	1628.4	0.191	1631.0	0.206	1602.2	0.042	1602.2	0.037	1601.2	0.047	1630.1	0.192	1632.6	0.238
36	1110.9	0.000	1618.1	0.124	1618.4	0.132	1650.3	0.412	1649.0	0.386	1683.8	0.722	1683.5	0.692	1620.5	0.155	1646.6	0.369
37	1073.0	0.000	1599.0	0.034	1599.0	0.042	1628.5	0.188	1599.0	0.044	1629.0	0.204	1598.0	0.027	1599.0	0.038	1599.0	0.039
38	1077.8	0.000	1690.7	0.767	1627.5	0.192	1655.8	0.444	1655.1	0.457	1623.2	0.176	1685.0	0.715	1627.5	0.176	1619.3	0.153
39	1115.4	0.000	1654.8	0.443	1677.8	0.639	1655.7	0.447	1657.4	0.488	1688.7	0.763	1720.7	0.928	1657.4	0.465	1657.4	0.464
40	1079.0	0.000	1615.0	0.127	1615.0	0.132	1675.1	0.669	1615.0	0.101	1644.7	0.308	1613.6	0.099	1615.0	0.115	1646.5	0.364
41	1108.7	0.000	1638.6	0.272	1633.7	0.211	1698.4	0.832	1637.5	0.278	1666.9	0.589	1671.3	0.599	1636.7	0.258	1668.8	0.583
42	1050.3	0.000	1695.2	0.800	1664.6	0.543	1755.5	0.996	1727.4	0.952	1692.7	0.787	1695.0	0.820	1664.6	0.567	1664.6	0.554
43	1201.2	0.000	1661.6	0.506	1724.8	0.923	1661.6	0.537	1661.6	0.531	1661.6	0.540	1661.6	0.525	1661.6	0.521	1723.1	0.934
44	1217.3	0.000	1627.0	0.190	1657.4	0.449	1657.6	0.508	1691.6	0.774	1692.6	0.794	1627.0	0.189	1689.9	0.783	1627.0	0.209
45	1240.2	0.000	1712.3	0.898	1679.3	0.705	1704.4	0.877	1679.3	0.687	1679.3	0.695	1679.3	0.682	1679.3	0.694	1740.0	0.995
46	1134.2	0.000	1672.5	0.623	1674.2	0.646	1672.8	0.630	1701.5	0.864	1641.8	0.313	1669.0	0.553	1633.3	0.214	1671.8	0.616
47	1173.9	0.000	1647.9	0.359	1683.8	0.745	1652.3	0.415	1649.7	0.419	1652.3	0.418	1652.3	0.409	1676.2	0.649	1680.2	0.706
48	1076.0	0.000	1605.6	0.048	1675.2	0.636	1608.6	0.069	1608.6	0.054	1671.8	0.601	1608.6	0.065	1598.7	0.031	1638.6	0.297
49	1166.8	0.000	1639.0	0.281	1639.0	0.277	1639.0	0.289	1704.2	0.856	1701.0	0.849	1639.0	0.301	1666.9	0.561	1639.0	0.284
50	1254.7	0.000	1687.0	0.756	1686.0	0.735	1687.0	0.730	1687.0	0.742	1748.6	0.993	1687.0	0.746	1714.0	0.909	1687.0	0.743
51	1212.9	0.000	1663.9	0.534	1692.6	0.776	1693.2	0.803	1665.3	0.547	1665.3	0.545	1694.7	0.812	1665.3	0.575	1696.9	0.817
52	1231.0	0.000	1634.6	0.254	1697.7	0.824	1634.6	0.254	1634.0	0.212	1634.7	0.230	1634.7	0.222	1634.7	0.240	1634.7	0.246
53	1100.1	0.000	1626.2	0.173	1687.5	0.745	1687.9	0.748	1687.9	0.740	1688.6	0.756	1626.1	0.189	1626.2	0.211	1626.2	0.174
54	1209.7	0.000	1653.5	0.440	1653.7	0.433	1653.7	0.452	1682.8	0.724	1719.7	0.918	1680.1	0.704	1678.5	0.675	1681.8	0.707
55	1132.9	0.000	1609.4	0.060	1609.4	0.069	1609.4	0.075	1609.4	0.056	1609.4	0.071	1606.4	0.064	1609.4	0.059	1671.2	0.608
56	1044.5	0.000	1584.2	0.004	1649.7	0.402	1645.8	0.339	1584.2	0.003	1583.9	0.001	1647.9	0.358	1584.2	0.002	1651.0	0.402
57	1216.8	0.000	1721.6	0.934	1723.9	0.944	1719.2	0.924	1719.2	0.924	1687.4	0.760	1688.8	0.760	1682.9	0.717	1721.2	0.926
58	1060.9	0.000	1656.1	0.475	1589.7	0.010	1620.7	0.156	1621.0	0.176	1589.7	0.008	1589.6	0.008	1648.6	0.395	1585.3	0.008
59	1178.5	0.000	1708.5	0.892	1642.0	0.315	1673.0	0.627	1642.0	0.310	1705.6	0.868	1642.0	0.313	1640.8	0.267	1708.0	0.893
60	1076.7	0.000	1602.2	0.034	1661.7	0.519	1602.2	0.041	1602.2	0.042	1659.8	0.528	1667.0	0.583	1602.8	0.055	1602.2	0.053
61	1076.8	0.000																

SIMi	g10		g11		g12		g13		g14		g15		g16		g17		g18	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
1	1668.4	0.578	1176.5	0.134	1176.8	0.149	1123.5	0.049	1123.2	0.924	1692.3	0.790	1695.0	0.785	1733.6	0.950	1706.4	0.857
2	1694.5	0.822	1122.5	0.059	1187.0	0.178	1143.3	0.090	1683.9	0.739	1683.8	0.714	1718.2	0.895	1720.7	0.899	1743.9	0.978
3	1622.0	0.157	1146.4	0.091	1082.5	0.023	1180.8	0.150	1642.3	0.456	1648.8	0.493	1642.7	0.456	1673.2	0.628	1614.4	0.370
4	1651.0	0.424	1193.2	0.200	1245.2	0.260	1298.6	0.305	1676.2	0.658	1742.9	0.977	1676.8	0.663	1670.0	0.605	1666.1	0.568
5	1640.3	0.274	1192.5	0.202	1158.1	0.102	1080.4	0.018	1630.3	0.420	1695.7	0.804	1695.5	0.782	1685.1	0.733	1663.2	0.572
6	1689.4	0.766	1200.4	0.210	1207.5	0.217	1225.6	0.249	1680.9	0.684	1705.5	0.843	1601.5	0.313	1685.7	0.753	1708.2	0.859
7	1733.1	0.979	1198.0	0.192	1199.3	0.218	1266.2	0.284	1725.9	0.914	1721.5	0.899	1724.5	0.931	1750.7	0.990	1717.6	0.894
8	1647.5	0.355	1152.6	0.111	1154.3	0.102	1187.9	0.173	1606.4	0.346	1644.2	0.451	1627.1	0.369	1644.8	0.476	1674.5	0.651
9	1661.0	0.492	1144.3	0.096	1145.3	0.096	1178.9	0.156	1576.0	0.326	1680.8	0.726	1612.7	0.321	1663.1	0.573	1661.1	0.545
10	1658.5	0.487	1156.8	0.096	1179.4	0.164	1190.6	0.173	1727.3	0.924	1696.5	0.795	1678.4	0.677	1715.4	0.894	1678.2	0.696
11	1610.1	0.071	1127.4	0.074	1105.7	0.041	1073.9	0.017	1669.7	0.612	1666.2	0.591	1703.9	0.829	1669.0	0.589	1670.9	0.621
12	1673.7	0.635	1202.0	0.192	1153.8	0.100	1189.7	0.190	1692.2	0.786	1623.9	0.369	1654.6	0.495	1700.9	0.821	1635.5	0.420
13	1626.9	0.188	1124.9	0.065	1152.0	0.090	1112.9	0.044	1657.9	0.551	1679.6	0.676	1644.4	0.480	1682.0	0.719	1694.1	0.719
14	1636.1	0.236	1179.8	0.171	1179.9	0.159	1176.4	0.165	1690.5	0.776	1652.3	0.488	1659.6	0.535	1645.6	0.486	1648.3	0.508
15	1649.6	0.384	1080.0	0.025	1152.9	0.119	1166.3	0.135	1615.5	0.349	1662.7	0.573	1613.3	0.357	1641.3	0.432	1662.1	0.546
16	1610.2	0.067	1165.7	0.124	1116.1	0.050	1156.2	0.113	1657.1	0.549	1719.0	0.896	1631.6	0.402	1620.4	0.364	1621.7	0.388
17	1642.7	0.350	1169.6	0.142	1178.4	0.166	1125.3	0.064	1604.1	0.316	1635.0	0.424	1637.0	0.417	1694.1	0.775	1597.7	0.405
18	1580.5	0.021	1121.9	0.053	1123.3	0.070	1110.8	0.054	1649.2	0.508	1641.0	0.418	1613.4	0.364	1675.8	0.625	1640.0	0.350
19	1706.9	0.878	1272.8	0.277	1218.4	0.244	1299.5	0.273	1690.7	0.771	1764.4	0.991	1731.6	0.935	1726.5	0.924	1726.1	0.931
20	1666.3	0.554	1170.3	0.138	1228.6	0.271	1161.5	0.124	1700.5	0.801	1699.3	0.800	1656.9	0.527	1624.2	0.392	1719.6	0.905
21	1618.6	0.160	1198.6	0.196	1260.3	0.256	1202.6	0.226	1664.8	0.546	1605.0	0.333	1677.2	0.639	1701.9	0.847	1674.9	0.647
22	1590.9	0.023	1135.2	0.080	1091.2	0.027	1158.5	0.133	1578.8	0.317	1609.1	0.340	1605.6	0.312	1643.5	0.451	1650.3	0.507
23	1711.1	0.903	1196.6	0.196	1235.4	0.231	1262.0	0.279	1699.6	0.809	1768.7	0.995	1726.6	0.929	1742.1	0.971	1670.8	0.640
24	1694.8	0.790	1164.4	0.140	1226.6	0.256	1239.1	0.260	1659.8	0.558	1664.2	0.551	1686.2	0.720	1718.7	0.891	1685.7	0.708
25	1747.6	0.994	1228.7	0.236	1251.3	0.272	1178.6	0.165	1723.2	0.919	1759.2	0.993	1700.0	0.796	1705.9	0.844	1676.4	0.652
26	1636.6	0.271	1033.1	0.003	1028.4	0.000	1070.5	0.011	1625.9	0.370	1653.5	0.515	1693.7	0.814	1627.8	0.379	1690.0	0.736
27	1617.0	0.121	1197.8	0.197	1269.7	0.294	1223.1	0.230	1627.5	0.388	1644.3	0.486	1607.2	0.320	1670.1	0.631	1680.9	0.690
28	1703.5	0.859	1217.9	0.250	1251.6	0.270	1144.5	0.084	1664.7	0.567	1770.1	0.998	1700.4	0.811	1701.7	0.830	1704.6	0.837
29	1671.2	0.619	1146.1	0.094	1184.7	0.181	1191.9	0.175	1608.5	0.337	1750.1	0.986	1643.0	0.446	1685.2	0.732	1652.7	0.464
30	1649.6	0.384	1203.5	0.225	1152.3	0.108	1121.6	0.049	1667.4	0.603	1653.9	0.515	1707.3	0.855	1635.7	0.367	1672.6	0.661
31	1726.0	0.936	1269.9	0.283	1216.5	0.228	1258.0	0.248	1730.8	0.942	1653.6	0.488	1645.9	0.473	1734.4	0.962	1726.8	0.913
32	1590.5	0.024	1160.6	0.131	1176.0	0.158	1159.4	0.128	1608.4	0.331	1613.2	0.331	1635.8	0.420	1644.2	0.489	1616.7	0.356
33	1642.6	0.329	1142.9	0.083	1112.2	0.034	1116.9	0.052	1666.6	0.554	1635.8	0.425	1628.6	0.387	1693.2	0.792	1631.1	0.387
34	1712.2	0.892	1110.4	0.037	1112.5	0.041	1098.9	0.022	1690.8	0.783	1695.8	0.790	1661.9	0.540	1637.3	0.428	1699.8	0.822
35	1662.2	0.526	1215.0	0.219	1169.5	0.145	1166.3	0.130	1679.2	0.691	1651.3	0.472	1676.2	0.680	1697.1	0.792	1689.0	0.771
36	1620.0	0.163	1201.2	0.190	1194.3	0.198	1152.4	0.104	1676.0	0.648	1670.2	0.600	1672.0	0.658	1637.3	0.431	1666.3	0.601
37	1599.0	0.040	1156.7	0.112	11073.0	0.018	1109.2	0.044	1656.3	0.500	1619.1	0.362	1687.7	0.744	1622.4	0.375	1589.7	0.331
38	1623.7	0.152	1142.2	0.081	1064.7	0.004	1145.7	0.081	1677.7	0.659	1632.2	0.407	1646.4	0.467	1612.5	0.376	1671.5	0.637
39	1657.4	0.477	1150.6	0.091	1189.9	0.186	1195.8	0.203	1703.1	0.842	1715.6	0.900	1734.3	0.943	1682.8	0.692	1680.0	0.680
40	1675.9	0.686	1079.0	0.019	1068.4	0.011	1116.5	0.047	1608.0	0.362	1668.4	0.624	1666.9	0.563	1671.7	0.638	1668.8	0.600
41	1692.7	0.785	1131.0	0.073	1144.1	0.097	1207.0	0.208	1691.9	0.759	1659.6	0.514	1687.6	0.741	1713.8	0.881	1662.6	0.584
42	1718.7	0.918	1082.4	0.026	1034.3	0.003	1081.3	0.032	1687.9	0.746	1748.0	0.984	1671.2	0.636	1745.4	0.980	1653.3	0.528
43	1692.3	0.796	1202.4	0.225	1170.5	0.160	1209.7	0.225	1753.3	0.993	1784.5	1.000	1720.4	0.900	1690.0	0.777	1720.8	0.893
44	1682.2	0.704	1209.3	0.237	1219.0	0.233	1213.5	0.228	1684.8	0.723	1650.0	0.512	1674.8	0.653	1703.8	0.838	1678.1	0.666
45	1742.0	0.986	1249.8	0.285	1240.2	0.248	1195.2	0.208	1737.2	0.961	1733.9	0.949	1755.4	0.988	1741.1	0.964	1741.5	0.967
46	1672.6	0.388	1211.6	0.225	1165.0	0.124	1122.6	0.048	1695.5	0.801	1633.1	0.416	1700.6	0.836	1723.2	0.916	1659.1	0.536
47	1652.3	0.385	1173.9	0.164	1197.8	0.199	1197.7	0.200	1704.3	0.845	1673.4	0.642	1712.4	0.863	1673.8	0.655	1710.2	0.865
48	1636.7	0.238	1118.5	0.064	1114.6	0.048	1080.0	0.013	1662.9	0.569	1628.3	0.392	1661.8	0.571	1594.6	0.305	1697.6	0.802
49	1700.0	0.842	1141.9	0.087	1146.0	0.081	1160.2	0.140	1630.1	0.399	1663.5	0.556	1694.5	0.783	1648.7	0.450	1667.8	0.594
50	1683.6	0.722	1298.9	0.281	1272.7	0.287	1292.0	0.272	1745.3	0.974	1746.7	0.983	1767.3	0.998	1702.6	0.825	1683.6	0.733
51	1665.7	0.545	1248.9	0.273	1302.0	0.291	1281.9	0.313	1751.0	0.987	1718.3	0.889	1716.1	0.890	1661.6	0.565	1690.5	0.747
52	1665.2	0.529	1223.9	0.239	1278.5	0.297	1329.9	0.256	1629.9	0.418	1659.6	0.547	1626.6	0.383	1693.4	0.796	1657.0	0.529
53	1656.8	0.452	1186.3	0.169	1092.3	0.032	1196.9	0.212	1651.9	0.517	1678.1	0.705	1639.4	0.460	1640.7	0.445	1616.9	0.356
54	1653.7	0.443	1178.7	0.163	1210.1	0.214	1203.9	0.191	1671.4	0.632	1737.7	0.970	1736.5	0.960	1709.4	0.848	1704.3	0.852
55	1609.4	0.061	1153.8	0.102	1208.0	0.203	1132.9	0.083	1667.9	0.587	1666.3	0.567	1597.5	0.308	1634.6	0.432	1664.4	0.574
56	1610.1	0.082	1120.1	0.049	1104.0	0.044	1044.5	0.006	1647.9	0.508	1571.7	0.304	1660.7	0.550	1638.4	0.422	1567.2	0.296
57	1678.8	0.699	1265.9	0.281	1220.6	0.227	1263.4	0.301	1672.5	0.637	1676.3	0.663	1673.6	0.672	1632.6	0.423	1678.4	0.647
58	1589.7	0.008	1128.6	0.061	1163.3	0.121	1140.9	0.069	1678.3	0.682	1602.6	0.321	1580.4	0.332	1634.2	0.390	1604.1	0.338
59	1672.8	0.628	1219.8	0.227	1182.4	0.171	1171.3	0.150	1633.5	0.408	1729.8	0.935	1716.8	0.889	1728.5	0.923	1664.9	0.581
60	1601.1	0.045	1064.9	0.016	1107.1	0.039	1116.2	0.060	1591.1	0.306	1629.9	0.391	1591.9	0.318	1617.8	0.348	1658.6	0.626
61	1611.6																	

SImi	g19			g20			g21			g22			g23			g24			g25			g26		
	AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval	
1	1694.4	0.779	1662.5	0.533	1159.8	0.345	1117.7	0.154	1142.7	0.261	1697.2	0.964	1681.7	0.905	1040.7	0.480								
2	1722.5	0.914	1740.4	0.956	1111.8	0.155	1123.9	0.175	1144.7	0.260	1636.3	0.762	1764.5	0.980	978.8	0.160								
3	1648.6	0.508	1619.0	0.342	1131.3	0.204	1124.1	0.179	1147.6	0.264	1689.8	0.944	1623.6	0.701	1055.7	0.530								
4	1705.2	0.843	1778.3	0.999	1208.5	0.502	1187.0	0.414	1193.1	0.457	1695.0	0.952	1665.7	0.862	1091.2	0.770								
5	1700.7	0.837	1686.2	0.744	1296.6	0.589	1132.0	0.209	1126.7	0.220	1616.3	0.701	1651.0	0.808	990.9	0.200								
6	1640.5	0.455	1691.8	0.785	1186.9	0.427	1196.8	0.468	1190.3	0.441	1633.4	0.750	1620.2	0.678	1055.2	0.530								
7	1730.3	0.920	1724.8	0.912	1205.6	0.482	1219.2	0.538	1202.1	0.485	1788.5	0.993	1685.3	0.941	1106.1	0.850								
8	1635.8	0.420	1641.4	0.474	1168.9	0.367	1156.0	0.334	1148.0	0.261	1631.7	0.747	1633.2	0.713	1032.4	0.450								
9	1658.3	0.521	1653.3	0.503	1148.7	0.271	1142.6	0.257	1148.8	0.305	1600.8	0.642	1615.8	0.662	1028.9	0.400								
10	1745.9	0.984	1736.1	0.947	1198.4	0.452	1122.9	0.173	1138.0	0.228	1675.2	0.923	1681.8	0.911	1078.1	0.670								
11	1657.0	0.516	1602.3	0.325	1078.1	0.033	1081.9	0.061	1085.0	0.073	1628.0	0.739	1623.5	0.702	943.0	0.040								
12	1737.2	0.962	1667.8	0.595	1140.0	0.261	1170.2	0.401	1148.8	0.281	1610.8	0.656	1640.1	0.774	1065.0	0.590								
13	1679.8	0.716	1691.4	0.744	1138.6	0.235	1150.9	0.295	1123.6	0.173	1659.5	0.825	1648.6	0.827	1044.6	0.500								
14	1699.3	0.818	1685.9	0.721	1148.0	0.267	1105.9	0.137	1155.5	0.297	1646.7	0.802	1634.8	0.743	1062.2	0.580								
15	1678.4	0.691	1616.6	0.354	1101.7	0.121	1089.1	0.092	1235.6	0.550	1749.8	0.980	1577.4	0.587	995.1	0.250								
16	1690.4	0.752	1625.4	0.373	1157.5	0.331	1114.2	0.157	1126.1	0.202	1599.3	0.628	1604.8	0.628	1080.9	0.690								
17	1632.7	0.427	1663.0	0.551	1147.0	0.275	1129.4	0.203	1106.1	0.125	1589.3	0.628	1616.5	0.944	1058.8	0.550								
18	1572.8	0.309	1647.7	0.483	1212.5	0.531	1069.6	0.021	1088.0	0.076	1602.4	0.648	1591.7	0.606	969.1	0.130								
19	1699.3	0.799	1727.6	0.940	1246.5	0.572	1250.0	0.602	1240.9	0.555	1776.7	0.994	1732.8	0.984	1147.2	0.960								
20	1699.0	0.808	1690.2	0.752	1139.0	0.268	1137.8	0.260	1210.2	0.508	1650.4	0.820	1644.7	0.807	1001.8	0.270								
21	1647.6	0.496	1625.6	0.366	1163.5	0.378	1154.6	0.333	1184.9	0.403	1621.4	0.698	1628.3	0.716	1045.8	0.510								
22	1647.7	0.449	1614.9	0.323	1114.5	0.143	1103.7	0.129	1071.0	0.036	1603.6	0.632	1577.2	0.615	1011.9	0.340								
23	1742.9	0.972	1742.1	0.965	1202.6	0.458	1220.0	0.531	1216.2	0.531	1688.0	0.931	1701.8	0.969	1107.1	0.860								
24	1718.5	0.911	1741.2	0.958	1312.4	0.590	1195.1	0.456	1172.0	0.364	1691.7	0.959	1685.8	0.917	1092.0	0.780								
25	1743.0	0.973	1704.9	0.847	1188.7	0.438	1194.4	0.468	1186.8	0.413	1682.8	0.918	1708.2	0.971	1090.7	0.750								
26	1688.7	0.731	1659.5	0.539	1056.8	0.024	1012.8	0.002	1040.7	0.021	1652.4	0.833	1608.9	0.647	911.9	0.020								
27	1604.6	0.312	1642.9	0.485	1192.9	0.457	1202.3	0.469	1162.2	0.329	1623.1	0.710	1634.7	0.753	1079.9	0.680								
28	1664.9	0.585	1728.2	0.934	1197.8	0.450	1160.4	0.364	1196.2	0.464	1663.6	0.852	1649.7	0.818	1076.0	0.650								
29	1697.9	0.816	1692.1	0.779	1189.6	0.452	1207.3	0.482	1212.1	0.531	1690.5	0.952	1661.7	0.856	1092.4	0.790								
30	1630.4	0.403	1698.1	0.807	1086.2	0.079	1079.7	0.059	1101.4	0.113	1773.8	0.988	1621.0	0.716	965.8	0.110								
31	1720.0	0.902	1680.1	0.693	1237.5	0.542	1210.1	0.529	1200.1	0.465	1665.3	0.862	1675.8	0.905	1065.4	0.600								
32	1616.2	0.339	1677.8	0.667	1105.2	0.120	1114.5	0.160	1100.1	0.123	1592.7	0.599	1613.3	0.662	994.6	0.240								
33	1634.8	0.435	1595.0	0.322	1118.1	0.163	1159.4	0.596	1109.1	0.143	1701.6	0.962	1635.3	0.746	1025.2	0.390								
34	1638.7	0.433	1720.5	0.899	1086.1	0.074	1077.6	0.059	1072.9	0.029	1638.8	0.767	1652.4	0.810	1138.4	0.950								
35	1658.4	0.532	1587.1	0.308	1165.6	0.356	1188.6	0.387	1138.9	0.250	1598.7	0.645	1616.4	0.680	1008.9	0.310								
36	1675.9	0.661	1659.8	0.554	1116.4	0.161	1127.5	0.174	1106.6	0.141	1604.7	0.657	1606.9	0.637	1029.3	0.420								
37	1584.8	0.322	1622.9	0.372	1107.5	0.139	1119.4	0.160	1131.9	0.204	1617.1	0.678	1618.9	0.699	1014.3	0.360								
38	1704.0	0.840	1683.1	0.711	1124.3	0.188	1063.0	0.021	1078.8	0.044	1691.1	0.942	1634.7	0.761	982.6	0.180								
39	1678.4	0.683	1645.5	0.488	1168.0	0.350	1168.0	0.347	1135.8	0.219	1762.0	0.989	1684.9	0.937	1136.1	0.940								
40	1626.6	0.377	1670.0	0.614	1088.7	0.097	1093.5	0.079	1089.6	0.099	1630.3	0.738	1625.5	0.709	984.5	0.180								
41	1650.4	0.463	1653.5	0.514	1155.4	0.323	1132.7	0.218	1161.0	0.350	1657.5	0.816	1645.8	0.789	1012.7	0.350								
42	1672.0	0.674	1711.2	0.858	1032.4	0.008	1029.6	0.005	1035.4	0.017	1667.8	0.875	1663.9	0.859	875.1	0.020								
43	1685.0	0.721	1713.7	0.864	1169.5	0.346	1186.7	0.422	1186.4	0.417	1678.3	0.902	1676.5	0.926	1069.5	0.620								
44	1638.6	0.423	1634.9	0.434	1155.8	0.330	1157.4	0.305	1124.3	0.181	1637.0	0.763	1620.9	0.725	991.6	0.220								
45	1763.6	0.995	1704.2	0.839	1220.8	0.519	1215.3	0.531	1215.0	0.520	1692.0	0.959	1695.5	0.957	1088.2	0.740								
46	1662.9	0.557	1657.1	0.513	1120.0	0.153	1117.0	0.163	1080.9	0.062	1649.4	0.806	1651.8	0.817	1006.8	0.300								
47	1712.0	0.859	1706.9	0.853	1221.6	0.533	1311.4	0.583	1199.5	0.480	1678.2	0.906	1652.6	0.823	1119.4	0.890								
48	1668.9	0.603	1593.7	0.332	1082.7	0.072	1211.9	0.518	1087.3	0.086	1613.4	0.639	1630.6	0.726	1009.7	0.310								
49	1657.3	0.536	1692.4	0.777	1137.4	0.232	1125.7	0.190	1168.0	0.372	1663.8	0.844	1634.6	0.749	989.6	0.200								
50	1732.2	0.941	1741.6	0.963	1237.6	0.551	1268.5	0.611	1228.8	0.537	1717.9	0.976	1708.5	0.965	1105.7	0.840								
51	1689.3	0.750	1651.4	0.477	1254.7	0.589	1262.4	0.591	1251.4	0.554	1663.8	0.862	1697.2	0.964	1152.7	0.960								
52	1660.9	0.551	1696.3	0.794	1255.8	0.578	1209.3	0.511	1220.6	0.529	1626.3	0.708	1664.9	0.879	1175.6	0.980								
53	1616.3	0.323	1687.0	0.736	1141.5	0.267	1146.1	0.250	1154.8	0.311	1643.3	0.774	1655.1	0.833	1069.7	0.630								
54	1702.9	0.841	1657.4	0.530	1194.6	0.434	1181.9	0.394	1162.3	0.344	1649.2	0.830	1659.5	0.834	1078.0	0.670								
55	1635.4	0.425	1663.1	0.581	1176.6	0.399	1176.7	0.404	1174.6	0.392	1617.8	0.667	1627.5	0.710	1042.1	0.480								
56	1634.1	0.413	1567.7	0.286	1079.7	0.061	1072.2	0.038	1038.5	0.019	1591.0	0.620	1588.8	0.603	848.8	0.010								
57	1707.6	0.857	1662.2	0.533	1233.3	0.546	1257.1	0.584	1239.7	0.567	1654.7	0.826	1641.2	0.811	1190.7	0.990								
58	1650.4	0.455	1647.7	0.479	1081.2	0.070	1096.0	0.094	1096.7	0.097	1592.0	0.613	1578.2	0.613	941.1	0.030								
59	1661.4	0.558	1657.3	0.503	1197.9	0.478	1170.6	0.358	1183.1	0.408	1619.1	0.688	1660.6	0.860	1096.9	0.820								
60	1593.0	0.331	1595.8	0.318	1074.6	0.043	1100.0	0.108	1078.1	0.049	1615.8	0.671	1618.5	0.675	1029.8	0.420								
61	1627.8	0.398	1666.3	0.588	1073.3	0.038	1100.9	0.114	1121.8	0.175	1634.9	0.769	1620.5	0.691	973.5	0.150								
62	1687.2	0.771	1680.4	0.687	1209.6	0.488	1179.8	0.410	1150.4	0.285	1683.1	0.927	1665.6	0.869	1067.6	0.620								
63	1684.3	0.730	1719.1	0.898	1205.7	0.466	1212.7	0.527	1199.0	0.459	1767.3	0.987	1687.4	0.933	1090.3	0.740								
64	1738.3	0.950	1677.1	0.670	1157.9	0.336	1168.4	0.352	1160.5	0.335	1630.5	0.752	1669.5	0.885	1032.2	0.440								
65	1681.5	0.700	1732.3	0.939	1130.6	0.193	1133.2	0.214	1011.2	0.002	1634.1	0.753	1634.6	0.750	1037.0	0.460								
66	1675.7	0.663	1746.9	0.990	1135.9	0.227	1158.0	0.342	1157.9	0.316	1665.3	0.870	1688.9	0.947	1023.5	0.390								
67	1636.3	0.426	1643.1	0.478	1087.4	0.068	1111.7	0.141	1100.4	0.125	1628.1	0.718	1596.2	0.618	991.7	0.220								
68	1669.5																							

SImi	g1		g2		g3		g4		g5		g6		g7		g8		g9	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
90	1106.8	0.000	1617.2	0.122	1618.4	0.133	1618.4	0.135	1617.2	0.146	1617.2	0.138	1618.4	0.147	1617.9	0.149	1618.4	0.130
91	1150.5	0.000	1627.8	0.208	1626.7	0.193	1657.5	0.475	1658.3	0.490	1691.6	0.779	1627.8	0.214	1622.3	0.167	1656.1	0.261
92	1191.1	0.000	1670.7	0.581	1708.7	0.887	1640.0	0.277	1635.3	0.238	1707.5	0.867	1671.1	0.618	1706.1	0.863	1638.7	0.482
93	1117.7	0.000	1696.9	0.820	1636.3	0.260	1668.4	0.578	1666.6	0.547	1636.3	0.251	1636.3	0.258	1633.7	0.225	1660.2	0.523
94	1210.8	0.000	1635.9	0.236	1604.6	0.046	1606.3	0.061	1632.4	0.218	1696.2	0.847	1667.1	0.545	1668.6	0.562	1638.7	0.283
95	1189.2	0.000	1743.9	0.990	1676.4	0.673	1705.2	0.871	1739.8	0.987	1679.5	0.680	1739.6	0.986	1745.8	0.992	1679.5	0.684
96	1163.1	0.000	1652.7	0.434	1684.4	0.764	1654.8	0.446	1714.7	0.903	1652.1	0.401	1652.1	0.421	1718.9	0.903	1651.0	0.387
97	1186.2	0.000	1708.1	0.882	1650.4	0.405	1708.6	0.893	1664.4	0.546	1647.9	0.359	1679.5	0.691	1673.3	0.630	1672.3	0.621
98	1113.5	0.000	1643.3	0.316	1646.7	0.372	1646.5	0.353	1613.9	0.116	1616.3	0.130	1610.9	0.063	1647.7	0.390	1616.1	0.139
99	1062.9	0.000	1658.5	0.512	1724.2	0.933	1658.2	0.508	1687.6	0.746	1658.5	0.516	1658.5	0.472	1717.3	0.911	1724.4	0.923
100	1165.3	0.000	1634.1	0.221	1662.2	0.523	1634.1	0.236	1658.8	0.503	1634.1	0.226	1665.7	0.548	1666.7	0.554	1696.0	0.816
101	1330.1	0.000	1542.6	0.641	1514.6	0.333	1574.0	0.868	1547.6	0.684	1575.3	0.876	1567.5	0.805	1577.6	0.882	1535.4	0.524
102	1279.5	0.000	1534.9	0.533	1535.7	0.566	1468.8	0.023	1468.8	0.030	1499.0	0.201	1532.0	0.536	1468.8	0.031	1468.8	0.030
103	1232.6	0.000	1545.3	0.642	1484.1	0.082	1484.1	0.089	1508.7	0.283	1516.6	0.380	1481.4	0.079	1478.3	0.050	1479.6	0.066
104	1392.9	0.000	1569.6	0.818	1561.9	0.771	1563.7	0.774	1588.4	0.936	1632.1	0.994	1596.9	0.928	1567.6	0.799	1568.4	0.831
105	1378.6	0.000	1509.8	0.260	1545.4	0.628	1518.9	0.395	1518.9	0.406	1543.5	0.625	1551.4	0.754	1518.3	0.390	1578.0	0.900
106	1294.9	0.000	1498.8	0.177	1498.8	0.176	1498.8	0.179	1529.3	0.476	1500.3	0.185	1498.8	0.160	1498.8	0.175	1498.8	0.191
107	1264.9	0.000	1539.7	0.578	1574.3	0.839	1537.4	0.582	1534.5	0.555	1508.4	0.275	1508.1	0.248	1563.8	0.750	1572.8	0.846
108	1355.7	0.000	1599.9	0.962	1538.6	0.602	1568.0	0.797	1539.5	0.601	1569.7	0.823	1539.5	0.593	1539.5	0.602	1539.5	0.611
109	1308.0	0.000	1488.3	0.119	1551.6	0.720	1492.4	0.140	1487.2	0.098	1552.9	0.697	1553.4	0.712	1492.4	0.141	1485.1	0.097
110	1347.8	0.000	1506.4	0.267	1477.2	0.044	1541.5	0.602	1540.4	0.575	1477.2	0.032	1472.3	0.025	1477.2	0.040	1503.0	0.207
111	1278.2	0.000	1492.7	0.131	1492.5	0.136	1523.5	0.460	1487.4	0.109	1557.0	0.757	1492.5	0.137	1492.5	0.140	1553.0	0.699
112	1314.8	0.000	1516.5	0.383	1547.2	0.689	1516.5	0.382	1515.7	0.349	1572.9	0.853	1516.5	0.355	1546.9	0.663	1516.5	0.340
113	1245.3	0.000	1550.8	0.689	1553.6	0.706	1523.5	0.457	1546.9	0.679	1523.5	0.422	1545.3	0.668	1576.1	0.884	1522.0	0.423
114	1356.8	0.000	1523.1	0.425	1552.7	0.716	1550.0	0.688	1523.1	0.444	1523.1	0.439	1553.4	0.726	1523.1	0.449	1582.5	0.911
115	1317.8	0.000	1492.3	0.142	1522.7	0.433	1491.6	0.128	1489.5	0.124	1558.5	0.758	1484.8	0.092	1491.6	0.145	1491.6	0.137
116	1313.1	0.000	1523.2	0.432	1587.9	0.919	1552.3	0.683	1524.7	0.466	1551.9	0.697	1555.8	0.737	1591.1	0.947	1586.6	0.917
117	1340.0	0.000	1516.0	0.359	1547.1	0.653	1541.5	0.604	1544.5	0.658	1575.9	0.872	1580.2	0.913	1573.4	0.858	1582.2	0.914
118	1218.8	0.000	1607.8	0.984	1543.1	0.639	1573.7	0.834	1542.0	0.600	1603.1	0.979	1543.1	0.634	1543.1	0.609	1543.1	0.650
119	1315.7	0.000	1538.8	0.568	1570.6	0.823	1564.6	0.782	1538.0	0.560	1570.6	0.813	1532.3	0.536	1571.3	0.838	1535.3	0.560
120	1221.0	0.000	1487.8	0.124	1486.4	0.084	1552.1	0.686	1487.8	0.115	1487.8	0.099	1487.5	0.102	1554.2	0.749	1516.8	0.367
121	1294.2	0.000	1540.7	0.574	1540.7	0.649	1568.2	0.809	1540.7	0.603	1540.7	0.610	1566.3	0.780	1571.9	0.829	1606.2	0.979
122	1305.4	0.000	1499.5	0.196	1503.3	0.195	1499.8	0.192	1568.7	0.809	1534.4	0.552	1569.3	0.855	1503.5	0.211	1534.9	0.932
123	1293.2	0.000	1582.4	0.907	1550.1	0.680	1579.7	0.905	1522.0	0.414	1580.2	0.882	1522.0	0.434	1553.0	0.728	1522.0	0.420
124	1268.2	0.000	1589.6	0.934	1520.3	0.400	1512.2	0.299	1521.3	0.433	1524.0	0.453	1553.9	0.715	1525.6	0.450	1590.6	0.937
125	1323.7	0.000	1549.9	0.669	1511.9	0.287	1555.0	0.732	1488.3	0.134	1488.3	0.123	1520.3	0.391	1518.8	0.368	1488.3	0.125
126	1228.6	0.000	1519.5	0.395	1516.4	0.356	1455.6	0.007	1453.8	0.007	1477.3	0.050	1518.1	0.387	1473.8	0.044	1456.2	0.009
127	1305.4	0.000	1510.8	0.275	1513.1	0.322	1573.8	0.872	1514.6	0.330	1515.0	0.328	1514.6	0.320	1576.0	0.881	1514.6	0.310
128	1283.9	0.000	1488.0	0.107	1525.3	0.445	1556.4	0.739	1527.8	0.471	1498.1	0.191	1498.2	0.153	1559.6	0.763	1562.1	0.778
129	1310.9	0.000	1534.1	0.513	1599.0	0.972	1534.1	0.544	1596.6	0.949	1565.2	0.790	1564.5	0.796	1566.6	0.791	1534.1	0.559
130	1269.0	0.000	1600.4	0.968	1607.9	0.983	1572.2	0.823	1536.2	0.553	1606.5	0.980	1543.7	0.639	1573.6	0.869	1571.8	0.837
131	1345.1	0.000	1581.3	0.908	1515.2	0.356	1515.2	0.324	1514.3	0.326	1515.2	0.317	1515.2	0.329	1546.0	0.663	1515.2	0.334
132	1240.6	0.000	1510.3	0.272	1483.2	0.093	1548.5	0.682	1476.5	0.047	1548.2	0.687	1512.5	0.304	1480.1	0.058	1540.4	0.635
133	1219.2	0.000	1456.5	0.015	1490.1	0.127	1454.1	0.007	1457.5	0.009	1457.7	0.013	1488.6	0.125	1487.4	0.105	1485.4	0.086
134	1232.5	0.000	1549.1	0.682	1478.0	0.059	1484.3	0.095	1514.7	0.333	1540.0	0.604	1546.9	0.662	1508.4	0.235	1480.9	0.286
135	1311.0	0.000	1578.8	0.895	1506.1	0.233	1511.9	0.274	1511.9	0.277	1540.7	0.601	1509.9	0.250	1541.9	0.608	1511.9	0.288
136	1289.8	0.000	1560.0	0.757	1525.5	0.466	1527.7	0.464	1590.8	0.939	1592.8	0.952	1585.5	0.930	1594.2	0.941	1594.2	0.952
137	1364.2	0.000	1541.3	0.608	1603.3	0.979	1602.1	0.974	1570.9	0.857	1572.8	0.841	1539.1	0.539	1541.3	0.591	1541.3	0.624
138	1299.6	0.000	1512.4	0.297	1540.5	0.611	1541.6	0.623	1512.5	0.303	1513.1	0.297	1512.5	0.287	1512.5	0.302	1512.5	0.359
139	1340.0	0.000	1511.7	0.295	1542.9	0.640	1575.9	0.876	1513.4	0.294	1543.6	0.639	1577.5	0.887	1543.0	0.623	1512.3	0.327
140	1299.8	0.000	1526.4	0.470	1561.3	0.756	1561.0	0.767	1494.5	0.143	1560.9	0.775	1494.5	0.177	1494.5	0.156	1494.5	0.178
141	1326.0	0.000	1531.1	0.536	1561.8	0.773	1532.3	0.530	1568.7	0.820	1501.1	0.197	1566.2	0.797	1568.1	0.801	1532.1	0.522
142	1345.2	0.000	1532.9	0.532	1532.9	0.521	1589.1	0.924	1561.4	0.763	1532.9	0.525	1526.1	0.456	1532.9	0.521	1557.0	0.761
143	1345.8	0.000	1636.1	0.997	1666.5	0.815	1631.7	0.994	1632.8	0.994	1601.0	0.972	1636.2	1.000	1600.2	0.980	1632.8	0.999
144	1241.1	0.000	1504.9	0.233	1504.9	0.234	1564.5	0.786	1563.3	0.782	1504.9	0.230	1535.2	0.550	1568.1	0.816	1504.4	0.200
145	1248.2	0.000	1514.0	0.349	1514.0	0.333	1579.0	0.897	1578.3	0.871	1542.6	0.629	1541.2	0.615	1514.0	0.312	1514.0	0.313
146	1308.6	0.000	1516.4	0.344	1579.8	0.892	1579.5	0.911	1548.1	0.664	1519.3	0.407	1517.9	0.402	1583.9	0.926	1546.2	0.669
147	1284.9	0.000	1480.7	0.073	1525.6	0.470	1555.3	0.721	1524.7	0.447	1493.6	0.155	1493.6	0.151	1553.5	0.694	1554.1	0.731
148	1291.8	0.000	1539.5	0.592	1544.4	0.644	1541.0	0.605	1539.7	0.618	1544.7	0.638	1474.0	0.026	1507.0	0.234	1538.4	0.577
149	1296.7	0.000	1566.4	0.779	1535.5	0.566	1535.4	0.545	1564.2	0.797	1599.1	0.958	1599.7	0.967	1566.8			



Simi	g10		g11		g12		g13		g14		g15		g16		g17		g18	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
90	1618.3	0.130	1170.0	0.132	1184.6	0.176	1139.9	0.072	1678.0	0.665	1642.6	0.460	1637.5	0.444	1639.7	0.454	1679.7	0.669
91	1627.8	0.185	1192.7	0.194	1217.2	0.211	1194.1	0.200	1681.1	0.689	1679.8	0.686	1677.9	0.695	1679.3	0.676	1683.2	0.725
92	1642.5	0.303	1221.8	0.254	1195.8	0.201	1160.5	0.115	1630.1	0.403	1729.4	0.943	1696.1	0.795	1695.3	0.795	1689.2	0.751
93	1660.8	0.481	1103.7	0.040	1105.3	0.041	1106.7	0.034	1705.1	0.842	1682.5	0.694	1652.9	0.489	1628.3	0.392	1683.1	0.731
94	1603.0	0.049	1175.7	0.137	1203.9	0.229	1142.4	0.086	1622.0	0.364	1624.4	0.381	1585.0	0.286	1679.9	0.684	1620.6	0.371
95	1679.5	0.699	1222.5	0.234	1223.0	0.237	1180.1	0.164	1740.0	0.957	1734.3	0.938	1701.3	0.845	1733.5	0.944	1694.7	0.797
96	1716.8	0.908	1166.0	0.129	1155.7	0.108	1131.3	0.088	1710.6	0.866	1635.6	0.426	1715.6	0.897	1735.6	0.940	1644.7	0.471
97	1716.4	0.902	1222.0	0.219	1256.7	0.255	1288.6	0.297	1628.1	0.388	1630.8	0.424	1667.8	0.591	1692.1	0.780	1697.4	0.790
98	1616.1	0.111	1217.0	0.227	1150.0	0.104	1133.8	0.067	1634.5	0.422	1669.2	0.609	1672.6	0.626	1677.2	0.672	1633.9	0.417
99	1689.7	0.775	1062.9	0.009	1097.7	0.035	1062.9	0.007	1680.0	0.692	1721.3	0.899	1717.3	0.893	1707.8	0.855	1682.2	0.697
100	1661.6	0.540	1223.6	0.259	1182.6	0.154	1165.3	0.133	1650.7	0.488	1687.1	0.765	1710.1	0.873	1654.5	0.480	1689.0	0.761
101	1505.2	0.253	1285.5	0.097	1314.3	0.201	1309.1	0.149	1536.2	0.625	1556.5	0.769	1491.3	0.376	1568.4	0.828	1550.6	0.727
102	1468.8	0.029	1274.9	0.064	1275.5	0.063	1272.6	0.056	1494.0	0.379	1526.8	0.574	1549.3	0.720	1457.7	0.309	1528.8	0.562
103	1484.1	0.087	1222.2	0.013	1262.8	0.052	1262.3	0.037	1506.2	0.459	1496.5	0.392	1506.5	0.451	1496.5	0.397	1537.5	0.635
104	1569.7	0.810	1356.3	0.262	1325.1	0.211	1364.9	0.285	1570.8	0.826	1618.2	0.978	1643.1	0.994	1579.6	0.882	1576.4	0.865
105	1577.4	0.863	1342.0	0.269	1356.0	0.261	1357.2	0.261	1499.1	0.416	1598.0	0.939	1530.5	0.558	1539.3	0.663	1538.2	0.638
106	1529.2	0.507	1282.1	0.099	1284.9	0.101	1286.5	0.090	1555.3	0.748	1514.5	0.493	1492.0	0.369	1586.2	0.898	1494.8	0.409
107	1508.1	0.230	1319.5	0.199	1383.6	0.296	1382.3	0.270	1621.0	0.977	1527.1	0.545	1527.2	0.541	1496.9	0.400	1527.4	0.557
108	1539.5	0.584	1305.3	0.140	1345.0	0.247	1346.4	0.266	1562.5	0.788	1588.7	0.932	1593.0	0.918	1592.5	0.926	1594.2	0.928
109	1552.6	0.696	1293.0	0.099	1325.1	0.207	1258.4	0.045	1537.3	0.649	1497.9	0.425	1508.5	0.441	1553.0	0.703	1540.9	0.674
110	1541.5	0.638	1311.3	0.184	1347.8	0.231	1314.6	0.196	1530.4	0.561	1467.6	0.295	1536.4	0.606	1537.2	0.646	1555.0	0.737
111	1492.5	0.152	1273.1	0.064	1310.2	0.152	1332.1	0.224	1553.0	0.744	1508.3	0.480	1519.8	0.539	1543.9	0.655	1481.0	0.338
112	1514.9	0.345	1314.8	0.183	1338.9	0.253	1344.5	0.228	1507.6	0.476	1544.0	0.669	1538.3	0.640	1533.4	0.597	1539.9	0.664
113	1586.6	0.915	1279.2	0.064	1280.3	0.073	1266.2	0.049	1595.1	0.934	1543.9	0.662	1518.1	0.510	1561.0	0.784	1548.2	0.723
114	1548.2	0.659	1324.1	0.224	1321.6	0.204	1379.0	0.293	1577.1	0.883	1542.2	0.667	1540.0	0.653	1580.6	0.877	1543.5	0.700
115	1521.7	0.424	1302.9	0.135	1311.8	0.184	1264.0	0.048	1543.7	0.630	1484.4	0.375	1471.0	0.317	1484.1	0.358	1502.8	0.452
116	1575.3	0.867	1313.1	0.187	1309.6	0.177	1309.1	0.156	1536.4	0.623	1514.5	0.472	1574.2	0.864	1508.6	0.487	1547.4	0.672
117	1545.3	0.627	1301.3	0.135	1301.3	0.129	1308.2	0.133	1563.2	0.811	1508.2	0.421	1537.0	0.658	1566.8	0.807	1530.4	0.548
118	1542.4	0.641	1278.4	0.067	1204.8	0.000	1287.1	0.102	1598.2	0.939	1601.8	0.951	1536.1	0.619	1597.6	0.946	1564.5	0.792
119	1533.6	0.554	1308.4	0.157	1348.2	0.242	1295.4	0.129	1592.6	0.929	1589.4	0.900	1612.1	0.958	1593.1	0.937	1516.6	0.492
120	1517.5	0.372	1214.5	0.004	1245.4	0.028	1213.9	0.007	1543.9	0.681	1480.5	0.346	1568.9	0.806	1545.0	0.712	1509.6	0.464
121	1539.7	0.589	1324.9	0.206	1283.2	0.073	1324.2	0.207	1656.4	1.000	1520.5	0.513	1587.8	0.916	1621.7	0.990	1602.4	0.959
122	1503.3	0.224	1327.0	0.013	1295.8	0.122	1243.2	0.025	1488.7	0.389	1560.0	0.759	1574.1	0.827	1555.9	0.738	1559.8	0.758
123	1554.1	0.729	1241.7	0.027	1279.4	0.071	1289.9	0.106	1607.4	0.960	1579.4	0.884	1572.4	0.854	1532.2	0.602	1609.1	0.957
124	1524.5	0.436	1328.7	0.223	1331.4	0.192	1390.0	0.301	1513.8	0.487	1594.8	0.932	1571.4	0.855	1542.3	0.677	1510.5	0.458
125	1517.4	0.395	1349.7	0.245	1323.7	0.212	1285.8	0.088	1565.7	0.819	1474.4	0.299	1544.3	0.694	1480.6	0.344	1545.2	0.678
126	1515.4	0.336	1280.4	0.071	1285.8	0.091	1289.9	0.106	1431.0	0.298	1511.6	0.464	1508.0	0.450	1500.6	0.423	1511.8	0.485
127	1577.2	0.882	1297.0	0.143	1298.7	0.128	1297.3	0.120	1498.2	0.402	1597.0	0.938	1532.7	0.596	1532.8	0.599	1509.6	0.466
128	1497.4	0.171	1405.2	0.309	1330.4	0.224	1275.4	0.063	1509.1	0.468	1570.2	0.812	1571.1	0.854	1543.4	0.647	1558.9	0.760
129	1534.1	0.549	1342.5	0.247	1294.0	0.122	1310.2	0.157	1550.5	0.700	1529.2	0.582	1529.7	0.560	1555.3	0.727	1519.2	0.520
130	1543.7	0.652	1308.3	0.139	1304.7	0.151	1294.6	0.134	1566.8	0.798	1603.9	0.955	1630.3	0.990	1595.0	0.930	1553.9	0.738
131	1515.2	0.345	1371.7	0.282	1375.3	0.260	1295.8	0.132	1505.2	0.396	1574.4	0.858	1540.8	0.672	1533.9	0.622	1511.1	0.480
132	1515.3	0.347	1233.9	0.016	1223.5	0.011	1237.2	0.017	1471.5	0.324	1494.4	0.385	1465.6	0.324	1472.6	0.327	1491.5	0.390
133	1523.2	0.439	1275.2	0.059	1279.5	0.073	1273.8	0.066	1472.1	0.350	1476.2	0.322	1500.0	0.427	1516.3	0.493	1543.8	0.681
134	1474.5	0.036	1232.5	0.014	1291.7	0.118	1232.5	0.019	1533.7	0.617	1540.8	0.663	1539.7	0.647	1534.9	0.604	1537.1	0.651
135	1501.6	0.197	1313.2	0.170	1303.3	0.133	1345.4	0.241	1560.6	0.786	1505.9	0.426	1551.5	0.741	1531.6	0.564	1570.0	0.831
136	1590.6	0.929	1317.9	0.211	1312.9	0.184	1319.0	0.214	1544.6	0.679	1554.2	0.715	1512.9	0.474	1587.6	0.915	1517.9	0.524
137	1541.3	0.595	1399.2	0.290	1398.3	0.306	1393.9	0.295	1534.8	0.623	1562.8	0.769	1562.1	0.789	1561.7	0.782	1600.6	0.938
138	1515.2	0.301	1322.1	0.187	1385.7	0.266	1332.6	0.238	1569.7	0.830	1503.7	0.405	1559.3	0.757	1532.4	0.581	1596.1	0.934
139	1535.9	0.558	1340.0	0.205	1306.1	0.143	1303.1	0.141	1527.9	0.576	1531.4	0.571	1533.6	0.612	1503.0	0.389	1567.7	0.822
140	1494.5	0.157	1283.3	0.069	1299.6	0.131	1298.8	0.140	1512.6	0.485	1519.7	0.504	1488.9	0.360	1553.1	0.710	1580.3	0.895
141	1566.1	0.807	1325.7	0.221	1313.4	0.169	1316.6	0.194	1582.7	0.859	1488.7	0.350	1511.5	0.470	1561.1	0.790	1559.9	0.773
142	1595.0	0.955	1294.7	0.122	1305.7	0.144	1304.1	0.140	1553.9	0.742	1583.7	0.891	1539.4	0.668	1516.8	0.510	1531.9	0.576
143	1629.6	0.986	1375.3	0.281	1378.1	0.261	1373.1	0.278	1650.4	0.999	1574.1	0.857	1577.7	0.894	1594.5	0.934	1555.7	0.741
144	1533.9	0.534	1236.3	0.025	1270.8	0.051	1246.6	0.027	1563.3	0.775	1526.4	0.543	1564.2	0.792	1565.8	0.800	1519.4	0.543
145	1514.0	0.319	1309.9	0.159	1240.7	0.027	1271.5	0.056	1537.8	0.630	1567.2	0.813	1595.9	0.937	1534.0	0.607	1568.6	0.801
146	1547.9	0.673	1246.1	0.026	1292.5	0.108	1308.6	0.156	1570.0	0.835	1568.4	0.808	1568.8	0.815	1502.5	0.400	1577.3	0.885
147	1493.6	0.148	1314.0	0.180	1314.1	0.192	1313.6	0.181	1569.5	0.829	1531.2	0.585	1518.4	0.510	1480.0	0.317	1477.9	0.325
148	1510.4	0.252	1294.2	0.121	1243.9	0.036	1283.5	0.076	1497.1	0.431	1462.9	0.318	1493.7	0.375	1462.5	0.375	1529.3	0.558
149	1537.4	0.556	1296.7	0.113	1335.0	0.236	1332.3	0.234	1557.6	0.756	1555.4	0.754	1591.8	0.922	15			

SImi	g19		g20		g21		g22		g23		g24		g25		g26	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
90	1736.4	0.960	1639.8	0.454	1153.2	0.297	1233.0	0.560	1144.3	0.265	1629.6	0.733	1642.8	0.803	1011.3	0.330
91	1620.7	0.376	1617.7	0.362	1135.4	0.228	1165.8	0.353	1136.8	0.235	1592.6	0.624	1637.2	0.772	952.9	0.070
92	1730.4	0.930	1664.3	0.568	1170.1	0.385	1169.7	0.350	1175.3	0.398	1667.4	0.872	1745.9	0.986	1087.4	0.710
93	1724.4	0.917	1608.5	0.334	1058.5	0.020	1071.3	0.036	1079.3	0.051	1615.5	0.667	1609.3	0.657	959.5	0.090
94	1617.6	0.361	1667.9	0.618	1153.3	0.291	1151.8	0.292	1149.6	0.294	1611.6	0.639	1710.4	0.972	1058.7	0.550
95	1670.8	0.632	1668.7	0.622	1194.5	0.463	1200.1	0.470	1187.5	0.417	1696.9	0.966	1687.2	0.934	1094.1	0.800
96	1641.2	0.439	1617.9	0.349	1124.4	0.199	1145.6	0.263	1139.5	0.242	1641.2	0.797	1613.5	0.650	1054.2	0.520
97	1672.0	0.645	1699.6	0.817	1179.8	0.420	1205.4	0.493	1354.6	0.580	1599.9	0.630	1657.9	0.839	1095.7	0.810
98	1672.9	0.678	1676.0	0.673	1139.4	0.235	1151.7	0.321	1155.8	0.320	1632.5	0.761	1625.7	0.704	1105.6	0.840
99	1681.4	0.722	1676.4	0.648	1132.5	0.224	1115.3	0.152	1111.2	0.150	1680.8	0.915	1679.9	0.900	1060.5	0.560
100	1624.4	0.368	1685.1	0.747	1191.9	0.447	1203.0	0.462	1203.8	0.483	1639.5	0.793	1648.7	0.806	1071.4	0.640
101	1518.0	0.493	1562.4	0.764	1289.9	0.417	1280.8	0.371	1269.9	0.344	1526.4	0.834	1496.5	0.752	1152.5	0.550
102	1486.0	0.383	1493.3	0.356	1244.5	0.142	1240.7	0.152	1229.0	0.107	1480.7	0.699	1485.0	0.670	1143.9	0.490
103	1507.7	0.461	1505.9	0.442	1222.7	0.059	1227.0	0.087	1217.4	0.043	1497.2	0.728	1509.7	0.780	1131.3	0.390
104	1645.3	0.997	1620.0	0.979	1287.9	0.421	1319.3	0.529	1277.9	0.361	1657.8	0.994	1559.9	0.933	1179.2	0.790
105	1488.2	0.389	1531.3	0.549	1308.8	0.492	1307.8	0.495	1320.5	0.516	1527.7	0.849	1532.0	0.861	1224.5	0.950
106	1547.3	0.689	1514.8	0.494	1204.6	0.021	1282.4	0.384	1257.7	0.252	1511.7	0.771	1486.9	0.689	1086.3	0.060
107	1531.0	0.594	1487.3	0.345	1268.1	0.286	1282.7	0.390	1316.6	0.546	1478.8	0.667	1513.1	0.804	1155.5	0.570
108	1561.3	0.764	1599.1	0.943	1287.4	0.407	1310.1	0.510	1293.6	0.450	1561.5	0.925	1526.0	0.840	1159.0	0.610
109	1548.2	0.677	1567.5	0.823	1260.6	0.249	1254.7	0.206	1253.0	0.228	1465.6	0.636	1479.3	0.669	1116.8	0.230
110	1557.3	0.760	1495.3	0.413	1292.7	0.467	1281.1	0.358	1282.6	0.369	1505.9	0.762	1473.7	0.650	1213.8	0.930
111	1519.7	0.479	1510.5	0.488	1275.0	0.332	1298.2	0.453	1266.4	0.277	1579.7	0.958	1471.7	0.653	1179.3	0.810
112	1533.5	0.595	1564.3	0.788	1316.1	0.534	1322.5	0.540	1289.7	0.416	1633.6	0.982	1519.6	0.815	1218.5	0.950
113	1537.0	0.636	1566.8	0.820	1217.5	0.038	1222.6	0.056	1229.0	0.104	1536.5	0.872	1502.8	0.761	1127.5	0.360
114	1574.5	0.868	1542.8	0.651	1280.6	0.343	1281.0	0.394	1284.4	0.429	1532.6	0.877	1543.2	0.892	1160.4	0.640
115	1567.2	0.827	1519.1	0.506	1271.1	0.327	1387.5	0.591	1269.1	0.309	1505.4	0.739	1560.6	0.944	1172.6	0.730
116	1537.1	0.636	1575.6	0.866	1289.0	0.402	1273.9	0.314	1291.4	0.437	1528.5	0.847	1541.8	0.896	1174.8	0.750
117	1601.0	0.937	1569.7	0.815	1253.0	0.196	1257.8	0.262	1265.8	0.245	1613.2	0.977	1527.5	0.857	1125.2	0.350
118	1597.3	0.938	1537.7	0.632	1239.3	0.129	1239.7	0.127	1248.2	0.173	1570.8	0.955	1561.7	0.955	1188.3	0.860
119	1612.8	0.962	1546.4	0.711	1313.8	0.513	1182.0	0.379	1301.8	0.472	1545.9	0.920	1529.7	0.858	1176.6	0.750
120	1511.1	0.472	1504.0	0.414	1210.0	0.061	1126.0	0.008	1218.1	0.043	1449.2	0.589	1494.2	0.694	1112.8	0.170
121	1531.3	0.557	1599.2	0.950	1286.3	0.417	1262.3	0.245	1279.0	0.379	1550.3	0.925	1546.3	0.915	1131.5	0.400
122	1528.1	0.588	1496.9	0.426	1277.0	0.361	1235.0	0.120	1241.6	0.142	1524.7	0.826	1529.5	0.842	1109.5	0.160
123	1602.7	0.949	1517.5	0.479	1244.0	0.153	1245.9	0.170	1247.1	0.184	1533.9	0.889	1529.7	0.877	1163.8	0.670
124	1546.7	0.707	1585.7	0.907	1304.7	0.469	1260.6	0.251	1403.2	0.568	1631.1	0.986	1540.0	0.875	1157.6	0.590
125	1508.6	0.459	1477.1	0.317	1253.9	0.234	1249.4	0.175	1258.7	0.259	1474.2	0.658	1592.1	0.975	1160.2	0.620
126	1429.9	0.304	1502.1	0.397	1245.1	0.173	1244.9	0.148	1252.3	0.210	1436.1	0.601	1450.3	0.610	1137.2	0.430
127	1504.6	0.437	1534.6	0.614	1221.5	0.064	1277.7	0.360	1236.1	0.115	1515.4	0.787	1515.8	0.804	1120.3	0.300
128	1480.2	0.326	1546.1	0.696	1248.1	0.173	1267.8	0.289	1267.7	0.294	1458.4	0.594	1504.9	0.773	1149.7	0.530
129	1526.8	0.576	1557.6	0.770	1299.6	0.479	1293.3	0.478	1293.4	0.442	1547.8	0.927	1509.9	0.774	1164.7	0.670
130	1565.7	0.816	1597.6	0.934	1268.5	0.302	1259.9	0.270	1267.0	0.276	1517.5	0.811	1550.7	0.938	1177.1	0.760
131	1515.9	0.495	1534.3	0.616	1366.5	0.578	1349.3	0.560	1350.4	0.561	1524.4	0.828	1537.6	0.882	1212.5	0.920
132	1505.2	0.423	1499.4	0.433	1192.1	0.006	1179.7	0.000	1187.2	0.003	1469.0	0.648	1509.1	0.751	1033.8	0.010
133	1540.5	0.646	1538.6	0.633	1236.2	0.134	1210.1	0.035	1239.3	0.156	1451.6	0.624	1464.7	0.627	1090.4	0.070
134	1487.1	0.373	1530.7	0.565	1246.0	0.174	1267.9	0.284	1250.9	0.183	1501.3	0.763	1477.4	0.662	1117.7	0.260
135	1514.3	0.504	1588.6	0.900	1304.4	0.474	1317.0	0.525	1241.2	0.167	1465.0	0.644	1517.7	0.798	1177.5	0.790
136	1552.3	0.725	1520.5	0.519	1271.4	0.300	1264.5	0.268	1290.5	0.436	1488.1	0.729	1515.6	0.784	1141.6	0.470
137	1558.0	0.767	1565.0	0.788	1368.1	0.583	1347.8	0.540	1348.5	0.585	1564.6	0.954	1552.0	0.940	1230.5	0.970
138	1529.9	0.577	1536.5	0.627	1283.2	0.402	1303.3	0.472	1419.2	0.592	1495.9	0.739	1511.8	0.766	1140.9	0.450
139	1522.0	0.558	1523.8	0.529	1275.6	0.364	1259.6	0.230	1385.1	0.588	1474.2	0.655	1526.4	0.845	1158.9	0.610
140	1520.2	0.533	1522.5	0.544	1219.8	0.051	1247.7	0.164	1278.1	0.370	1505.1	0.746	1478.9	0.686	1117.6	0.260
141	1517.9	0.504	1579.9	0.887	1290.8	0.474	1290.1	0.444	1279.6	0.364	1493.0	0.709	1518.8	0.802	1186.8	0.840
142	1551.7	0.713	1515.2	0.500	1228.0	0.096	1206.2	0.031	1421.3	0.573	1537.0	0.879	1532.2	0.881	1076.0	0.040
143	1627.2	0.987	1627.7	0.984	1339.9	0.627	1330.6	0.538	1351.8	0.544	1566.1	0.947	1600.1	0.980	1252.8	0.980
144	1596.5	0.938	1517.8	0.492	1223.5	0.069	1205.6	0.021	1201.3	0.020	1524.1	0.802	1476.1	0.702	1057.9	0.020
145	1573.0	0.844	1570.8	0.818	1253.7	0.220	1246.9	0.178	1229.0	0.092	1532.4	0.869	1531.0	0.858	1135.7	0.420
146	1569.6	0.843	1570.3	0.822	1249.1	0.192	1257.4	0.223	1258.5	0.228	1520.5	0.808	1536.2	0.864	1120.1	0.300
147	1487.4	0.384	1479.2	0.345	1278.4	0.361	1269.5	0.301	1279.5	0.349	1494.5	0.728	1498.7	0.730	1169.8	0.720
148	1554.1	0.732	1535.9	0.628	1234.8	0.121	1249.6	0.196	1231.1	0.113	1480.2	0.669	1487.4	0.668	1132.7	0.410
149	1555.0	0.718	1600.8	0.950	1297.5	0.448	1256.8	0.245	1308.0	0.487	1562.3	0.942	1541.2	0.909	1181.0	0.810
150	1504.9	0.429	1467.5	0.307	1195.0	0.009	1223.0	0.073	1209.3	0.033	1460.6	0.653	1469.7	0.645	1115.1	0.210
151	1574.6	0.864	1513.4	0.498	1222.7	0.059	1238.8	0.142	1252.3	0.235	1521.9	0.821	1496.3	0.732	1095.2	0.100
152	1563.5	0.785	1528.5	0.554	1243.6	0.152	1262.4	0.266	1225.0	0.057	1545.8	0.909	1507.2	0.760	1139.3	0.440
153	1584.6	0.901	1613.4	0.958	1395.1	0.602	1356.7	0.544	1363.4	0.599	1572.5	0.955	1574.4	0.961	1230.8	0.970
154	1552.5	0.731	1520.8	0.517	1269.8	0.316	1252.2	0.208	1255.6	0.217	1667.2	0.999	1540.3	0.883	1155.7	0.590
155	1520.6	0.505	1453.0	0.331	1271.9	0.345	1282.2	0.360	1286.9	0.417	1430.2	0.619	1472.4	0.615	1190.4	0.890
156	1539.8	0.669	1506.5	0.476	1251.8	0.206	1227.3	0.076	1251.1	0.196	1457.1	0.621	1504.2	0.734	11	

SImi	g1		g2		g3		g4		g5		g6		g7		g8		g9	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
179	1243.0	0.000	1478.2	0.048	1476.2	0.045	1539.0	0.566	1478.9	0.062	1478.9	0.047	1478.9	0.068	1478.9	0.054	1541.5	0.607
180	1338.7	0.000	1618.0	0.983	1625.2	0.987	1589.4	0.921	1581.3	0.908	1591.7	0.944	1559.4	0.780	1582.9	0.899	1584.9	0.918
181	1273.6	0.000	1468.4	0.025	1530.9	0.520	1468.6	0.024	1497.6	0.171	1530.2	0.516	1533.2	0.534	1464.6	0.020	1533.0	0.533
182	1251.8	0.000	1510.3	0.254	1538.0	0.559	1537.9	0.579	1511.4	0.268	1537.2	0.566	1478.9	0.063	1507.1	0.232	1478.9	0.081
183	1293.1	0.000	1572.9	0.829	1569.0	0.829	1562.4	0.769	1535.3	0.563	1503.6	0.201	1535.3	0.587	1566.7	0.789	1507.1	0.243
184	1372.4	0.000	1523.8	0.457	1589.1	0.945	1592.2	0.948	1588.4	0.931	1591.7	0.940	1529.1	0.465	1587.4	0.929	1522.1	0.443
185	1362.3	0.000	1509.7	0.252	1491.7	0.129	1492.9	0.151	1554.1	0.716	1521.0	0.411	1492.9	0.166	1521.6	0.436	1523.6	0.462
186	1301.7	0.000	1575.0	0.878	1543.4	0.631	1516.2	0.370	1515.4	0.359	1573.8	0.855	1515.4	0.325	1515.4	0.354	1515.4	0.327
187	1307.2	0.000	1519.2	0.401	1550.9	0.698	1519.2	0.410	1519.2	0.400	1547.4	0.656	1516.6	0.364	1519.2	0.387	1586.3	0.917
188	1347.5	0.000	1515.1	0.323	1545.5	0.681	1515.1	0.330	1568.4	0.800	1590.8	0.929	1535.0	0.558	1544.1	0.661	1515.1	0.348
189	1304.1	0.000	1526.2	0.478	1516.7	0.379	1527.4	0.479	1554.5	0.722	1554.2	0.712	1525.6	0.446	1494.4	0.166	1496.6	0.149
190	1247.1	0.000	1542.7	0.608	1540.2	0.605	1503.3	0.208	1477.8	0.057	1477.8	0.039	1477.8	0.051	1477.8	0.038	1472.6	0.027
191	1282.0	0.000	1512.0	0.299	1512.0	0.289	1574.8	0.867	1512.1	0.305	1512.0	0.288	1512.0	0.296	1543.4	0.647	1510.0	0.274
192	1360.6	0.000	1527.1	0.462	1528.4	0.469	1528.4	0.496	1558.3	0.742	1587.2	0.920	1594.7	0.938	1528.4	0.464	1595.0	0.956
193	1301.2	0.000	1577.7	0.871	1557.1	0.738	1556.6	0.751	1583.6	0.921	1557.4	0.757	1587.5	0.933	1555.9	0.731	1618.2	0.984
194	1402.3	0.000	1576.1	0.874	1574.7	0.859	1576.1	0.895	1576.1	0.883	1576.1	0.889	1576.1	0.867	1576.1	0.864	1576.1	0.886
195	1259.9	0.000	1519.6	0.422	1515.0	0.341	1513.0	0.323	1491.9	0.144	1521.4	0.418	1486.4	0.088	1548.3	0.704	1550.3	0.675
196	1345.7	0.000	1504.4	0.217	1556.8	0.755	1504.4	0.192	1534.7	0.576	1530.6	0.497	1535.2	0.539	1520.2	0.421	1504.4	0.221
197	1344.7	0.000	1574.1	0.867	1602.2	0.976	1568.3	0.817	1570.9	0.823	1573.4	0.836	1600.9	0.973	1603.1	0.971	1573.4	0.860
198	1274.1	0.000	1539.9	0.610	1495.7	0.163	1503.3	0.197	1539.8	0.578	1472.6	0.031	1474.3	0.032	1504.4	0.236	1505.7	0.230
199	1321.3	0.000	1508.3	0.250	1566.7	0.803	1508.3	0.241	1538.7	0.601	1540.5	0.590	1573.6	0.872	1508.3	0.246	1508.3	0.244
200	1324.2	0.000	1574.9	0.856	1546.1	0.662	1515.6	0.330	1515.6	0.320	1547.2	0.670	1515.6	0.383	1514.3	0.312	1513.6	0.317
201	1624.6	0.405	1607.8	0.154	1627.3	0.424	1627.3	0.427	1604.0	0.120	1625.1	0.436	1627.3	0.442	1609.9	0.180	1608.4	0.136
202	1569.9	0.014	1569.9	0.008	1569.9	0.010	1569.9	0.009	1559.9	0.000	1567.2	0.002	1568.5	0.002	1569.9	0.003	1569.9	0.005
203	1653.9	0.773	1653.9	0.771	1652.2	0.744	1653.9	0.788	1653.9	0.770	1652.7	0.782	1647.2	0.741	1649.8	0.738	1650.4	0.711
204	1648.0	0.693	1646.0	0.706	1643.2	0.668	1648.0	0.717	1644.7	0.668	1638.8	0.609	1643.1	0.666	1645.6	0.698	1644.1	0.686
205	1618.3	0.300	1617.5	0.260	1613.6	0.219	1614.1	0.232	1618.3	0.275	1618.3	0.275	1615.6	0.242	1613.2	0.253	1609.0	0.162
206	1675.8	0.961	1674.4	0.952	1673.4	0.950	1675.8	0.959	1674.8	0.955	1673.3	0.946	1671.1	0.942	1672.3	0.937	1675.8	0.958
207	1654.4	0.783	1654.9	0.773	1648.9	0.740	1655.7	0.797	1658.5	0.846	1654.7	0.771	1654.5	0.769	1657.0	0.831	1658.9	0.834
208	1659.8	0.844	1662.5	0.879	1662.5	0.881	1660.8	0.850	1662.5	0.873	1660.5	0.852	1659.7	0.844	1662.5	0.880	1661.4	0.892
209	1649.8	0.728	1638.7	0.587	1649.8	0.741	1640.1	0.614	1642.4	0.652	1640.5	0.604	1649.8	0.734	1642.5	0.649	1643.2	0.673
210	1612.8	0.218	1610.4	0.176	1606.2	0.120	1611.7	0.208	1610.0	0.185	1609.3	0.161	1615.6	0.266	1615.0	0.239	1615.0	0.230
211	1601.2	0.098	1586.5	0.027	1601.8	0.104	1601.8	0.102	1602.3	0.111	1608.8	0.149	1608.8	0.156	1599.9	0.088	1606.6	0.136
212	1634.5	0.544	1652.2	0.766	1645.2	0.700	1652.2	0.750	1652.2	0.777	1645.5	0.722	1647.0	0.710	1648.8	0.723	1652.2	0.752
213	1605.9	0.111	1598.9	0.092	1605.9	0.120	1605.9	0.114	1605.9	0.151	1606.5	0.128	1602.9	0.118	1605.9	0.124	1598.1	0.069
214	1632.8	0.528	1632.8	0.531	1630.0	0.530	1632.8	0.491	1632.8	0.533	1632.8	0.507	1632.8	0.483	1632.8	0.523	1632.8	0.512
215	1579.2	0.013	1580.2	0.017	1580.6	0.016	1583.4	0.017	1578.2	0.012	1581.2	0.015	1577.4	0.014	1577.0	0.010	1585.3	0.026
216	1627.5	0.415	1618.8	0.273	1627.3	0.464	1624.3	0.398	1624.4	0.380	1626.4	0.439	1622.6	0.334	1630.8	0.471	1627.2	0.469
217	1643.1	0.656	1645.0	0.663	1638.9	0.604	1643.6	0.657	1639.3	0.615	1641.1	0.624	1640.1	0.644	1627.8	0.466	1641.2	0.652
218	1619.7	0.287	1620.3	0.322	1623.4	0.342	1620.3	0.292	1620.8	0.325	1624.1	0.386	1623.5	0.353	1618.7	0.279	1624.1	0.369
219	1638.4	0.592	1639.0	0.607	1638.1	0.607	1639.0	0.617	1639.0	0.619	1639.0	0.585	1633.8	0.546	1638.6	0.606	1638.4	0.602
220	1651.3	0.774	1654.4	0.796	1654.4	0.758	1658.5	0.820	1658.5	0.838	1651.6	0.740	1658.5	0.835	1653.1	0.779	1656.4	0.790
221	1599.0	0.078	1598.4	0.085	1599.0	0.082	1599.2	0.083	1599.2	0.073	1594.4	0.066	1599.2	0.075	1586.5	0.031	1599.2	0.078
222	1681.6	0.966	1677.4	0.962	1671.9	0.969	1681.7	0.980	1676.4	0.954	1683.0	0.974	1678.4	0.960	1676.9	0.969	1679.1	0.964
223	1651.1	0.770	1655.9	0.785	1655.9	0.814	1648.6	0.699	1655.9	0.787	1652.5	0.764	1654.6	0.783	1655.9	0.816	1652.7	0.797
224	1660.4	0.869	1656.6	0.798	1656.7	0.825	1657.4	0.836	1660.4	0.839	1655.6	0.800	1659.7	0.839	1659.4	0.860	1660.4	0.844
225	1631.5	0.515	1628.8	0.469	1625.0	0.387	1624.7	0.396	1626.5	0.449	1629.6	0.474	1624.8	0.392	1631.5	0.493	1617.5	0.254
226	1649.5	0.725	1647.1	0.718	1654.5	0.760	1656.4	0.805	1660.8	0.849	1659.0	0.839	1659.9	0.861	1658.3	0.829	1651.0	0.760
227	1643.8	0.681	1645.1	0.698	1645.1	0.708	1645.1	0.698	1642.7	0.655	1638.8	0.580	1645.1	0.702	1645.1	0.677	1641.8	0.648
228	1620.1	0.310	1611.8	0.198	1619.9	0.278	1610.9	0.195	1621.2	0.321	1622.8	0.327	1613.1	0.236	1622.8	0.325	1611.9	0.230
229	1639.2	0.632	1636.4	0.572	1637.6	0.612	1638.0	0.597	1638.3	0.565	1639.2	0.617	1636.7	0.573	1639.4	0.612	1639.2	0.621
230	1634.1	0.555	1644.5	0.695	1644.5	0.672	1637.4	0.583	1636.7	0.550	1640.6	0.626	1634.2	0.525	1644.5	0.675	1637.0	0.604
231	1613.2	0.221	1610.5	0.185	1613.8	0.234	1607.8	0.160	1619.2	0.294	1614.2	0.237	1615.1	0.227	1618.6	0.275	1616.5	0.242
232	1668.6	0.910	1669.6	0.933	1662.5	0.879	1668.9	0.932	1666.7	0.910	1665.5	0.897	1670.9	0.940	1665.0	0.910	1668.0	0.922
233	1655.0	0.786	1655.0	0.781	1655.0	0.796	1655.0	0.812	1649.9	0.715	1646.7	0.708	1647.0	0.711	1655.0	0.813	1655.0	0.785
234	1611.3	0.210	1611.3	0.180	1610.6	0.202	1605.4	0.118	1611.3	0.212	1606.6	0.146	1607.1	0.123	1610.1	0.161	1611.3	0.210
235	1656.7	0.817	1657.8	0.839	1644.5	0.676	1651.4	0.729	1657.8	0.805	1646.4	0.722	1657.8	0.838	1647.3	0.712	1657.8	0.827
236	1624.4	0.392	1625.5	0.428	1625.8	0.432	1621.0	0.329	1629.9	0.484	1624.1	0.400	1627.7	0.429	1626.7	0.426	1624.2	0.380
237	1653.3	0.796	1651.8	0.746	1652.7	0.769	1652.6	0.774	1656.4	0.810	1656.4	0.810	1650.7	0.726	1656.4	0.818	1653.6	0.789
238	1655.2	0.798	1646.5	0.690	1657.9	0.827	1655.7	0.809	1655.7	0.806	1657.7	0.831	1657.7	0.824				

SIMi	g10		g11		g12		g13		g14		g15		g16		g17		g18	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
179	1509.7	0.250	1230.9	0.012	1262.4	0.054	1271.7	0.054	1529.8	0.586	1494.7	0.376	1528.1	0.545	1472.6	0.327	1502.5	0.437
180	1559.1	0.734	1338.7	0.231	1395.3	0.281	1338.7	0.248	1572.8	0.830	1567.5	0.807	1617.5	0.979	1568.1	0.813	1537.7	0.618
181	1497.9	0.173	1273.6	0.062	1330.6	0.226	1330.6	0.142	1452.3	0.316	1488.4	0.360	1491.2	0.365	1479.9	0.327	1484.1	0.353
182	1478.9	0.059	1336.8	0.266	1285.8	0.082	1240.4	0.026	1501.9	0.422	1466.1	0.318	1564.6	0.789	1533.1	0.604	1505.7	0.421
183	1502.7	0.213	1286.9	0.110	1286.7	0.099	1287.9	0.092	1560.1	0.777	1557.2	0.744	1551.0	0.713	1524.5	0.527	1500.7	0.404
184	1527.4	0.447	1372.4	0.285	1333.7	0.213	1332.8	0.235	1587.4	0.911	1542.7	0.687	1610.1	0.948	1564.7	0.793	1609.3	0.967
185	1492.9	0.142	1268.5	0.053	1258.2	0.046	1293.2	0.115	1532.6	0.588	1529.9	0.588	1506.5	0.458	1504.8	0.447	1514.7	0.482
186	1545.2	0.678	1302.0	0.156	1318.0	0.184	1326.2	0.224	1483.7	0.333	1535.5	0.632	1506.4	0.436	1565.8	0.788	1536.1	0.608
187	1519.2	0.404	1307.2	0.148	1291.9	0.112	1307.2	0.138	1543.1	0.693	1574.5	0.864	1544.3	0.695	1536.9	0.626	1605.5	0.942
188	1577.2	0.882	1286.5	0.099	1279.5	0.079	1270.5	0.066	1603.7	0.956	1512.1	0.486	1534.8	0.594	1556.6	0.756	1560.9	0.781
189	1490.5	0.124	1337.1	0.253	1273.1	0.075	1332.9	0.225	1546.1	0.695	1516.5	0.540	1498.2	0.404	1488.4	0.414	1551.9	0.723
190	1477.8	0.057	1239.8	0.024	1330.5	0.228	1340.5	0.246	1499.1	0.390	1493.4	0.394	1556.1	0.743	1534.4	0.622	1530.0	0.548
191	1510.9	0.256	1282.0	0.085	1282.0	0.074	1312.9	0.171	1533.6	0.603	1570.9	0.830	1600.6	0.937	1535.8	0.625	1495.9	0.393
192	1588.4	0.935	1348.7	0.259	1355.9	0.248	1352.5	0.278	1582.9	0.900	1590.7	0.915	1520.5	0.523	1515.6	0.509	1583.2	0.895
193	1557.4	0.734	1356.6	0.255	1301.2	0.144	1323.3	0.218	1631.1	0.995	1577.6	0.859	1549.6	0.702	1549.7	0.706	1615.3	0.960
194	1635.7	0.999	1362.0	0.274	1363.7	0.261	1368.1	0.279	1638.6	0.998	1629.1	0.992	1565.1	0.774	1637.3	0.988	1631.4	0.994
195	1510.9	0.269	1284.0	0.087	1286.6	0.099	1279.4	0.064	1498.5	0.404	1565.9	0.794	1463.7	0.311	1501.6	0.412	1545.8	0.693
196	1530.6	0.492	1311.2	0.165	1270.6	0.049	1345.7	0.268	1504.8	0.435	1525.8	0.535	1556.0	0.754	1533.6	0.580	1558.9	0.750
197	1573.4	0.832	1335.1	0.236	1335.9	0.225	1452.7	0.305	1591.7	0.920	1557.9	0.748	1556.4	0.743	1593.4	0.934	1591.5	0.910
198	1473.5	0.032	1303.9	0.148	1299.7	0.135	1310.9	0.171	1452.3	0.301	1517.2	0.500	1524.7	0.520	1531.7	0.606	1496.3	0.379
199	1508.3	0.232	1308.6	0.144	1311.3	0.156	1323.0	0.224	1568.1	0.816	1504.8	0.417	1534.0	0.609	1588.2	0.915	1501.1	0.430
200	1577.4	0.891	1293.8	0.118	1249.1	0.034	1281.2	0.071	1493.7	0.380	1597.1	0.942	1569.9	0.844	1572.2	0.832	1575.0	0.851
201	1627.3	0.437	645.3	0.000	1603.0	0.357	1605.6	0.409	1593.5	0.206	1579.9	0.102	1619.0	0.563	1587.6	0.145	1581.7	0.117
202	1567.9	0.006	674.2	0.000	1560.5	0.025	1555.6	0.004	1562.5	0.022	1559.3	0.017	1560.8	0.022	1559.0	0.020	1553.8	0.006
203	1648.6	0.727	689.7	0.000	1640.0	0.811	1645.6	0.828	1639.3	0.789	1641.8	0.823	1634.0	0.768	1640.2	0.832	1617.7	0.582
204	1641.8	0.652	732.1	0.000	1620.5	0.618	1628.6	0.715	1628.3	0.703	1635.8	0.785	1631.0	0.704	1622.9	0.644	1631.0	0.716
205	1612.9	0.195	797.4	0.000	1601.4	0.317	1597.8	0.235	1586.5	0.136	1588.6	0.164	1589.9	0.151	1603.5	0.366	1596.2	0.230
206	1670.8	0.940	808.7	0.000	1664.6	0.952	1664.2	0.963	1657.5	0.931	1670.0	0.979	1624.9	0.677	1654.6	0.922	1659.5	0.952
207	1660.2	0.862	729.1	0.000	1602.6	0.334	1633.8	0.778	1634.0	0.742	1646.2	0.868	1642.0	0.815	1627.0	0.700	1637.2	0.797
208	1660.3	0.863	774.0	0.000	1654.5	0.923	1651.3	0.890	1654.4	0.918	1656.1	0.931	1637.7	0.776	1653.2	0.921	1653.7	0.915
209	1649.8	0.745	716.5	0.000	1625.9	0.676	1638.0	0.812	1623.1	0.665	1621.7	0.619	1636.0	0.787	1617.7	0.564	1614.8	0.485
210	1611.4	0.205	693.7	0.000	1591.3	0.156	1597.4	0.235	1602.9	0.307	1600.8	0.292	1589.1	0.154	1583.8	0.125	1576.8	0.085
211	1608.8	0.162	663.9	0.000	1590.2	0.165	1572.7	0.062	1576.9	0.098	1563.0	0.024	1597.6	0.250	1591.8	0.181	1590.6	0.178
212	1651.3	0.738	764.5	0.000	1597.8	0.257	1618.5	0.579	1629.0	0.709	1641.6	0.821	1628.7	0.709	1617.9	0.565	1639.1	0.815
213	1605.9	0.105	696.1	0.000	1592.6	0.191	1592.5	0.203	1591.1	0.176	1585.7	0.137	1592.3	0.184	1599.0	0.279	1591.1	0.154
214	1624.3	0.374	760.1	0.000	1628.6	0.681	1627.7	0.694	1621.3	0.638	1625.5	0.660	1604.0	0.371	1627.7	0.686	1628.4	0.723
215	1583.3	0.022	599.3	0.000	1556.1	0.007	1558.5	0.013	1561.3	0.022	1572.2	0.059	1565.8	0.034	1538.8	0.003	1560.2	0.022
216	1622.6	0.332	777.4	0.000	1615.4	0.506	1580.8	0.081	1609.0	0.430	1607.4	0.382	1603.4	0.352	1611.2	0.452	1594.9	0.207
217	1645.0	0.682	740.3	0.000	1614.0	0.477	1625.1	0.658	1604.9	0.355	1613.3	0.484	1616.5	0.552	1619.3	0.594	1609.3	0.434
218	1624.1	0.393	689.1	0.000	1613.1	0.467	1603.5	0.361	1600.8	0.309	1609.1	0.406	1610.2	0.436	1592.9	0.185	1591.6	0.169
219	1639.0	0.595	725.9	0.000	1617.0	0.550	1620.1	0.614	1617.6	0.573	1629.8	0.725	1616.0	0.503	1632.7	0.753	1621.1	0.589
220	1656.3	0.811	727.6	0.000	1625.4	0.653	1638.4	0.802	1640.6	0.797	1652.2	0.895	1643.2	0.834	1639.5	0.809	1647.0	0.876
221	1599.2	0.095	694.2	0.000	1590.8	0.150	1589.5	0.150	1583.2	0.140	1580.9	0.095	1579.6	0.112	1570.3	0.045	1584.7	0.121
222	1679.7	0.972	804.7	0.000	1664.2	0.969	1649.3	0.786	1660.7	0.962	1667.2	0.967	1661.9	0.956	1669.0	0.986	1665.1	0.966
223	1653.5	0.767	702.1	0.000	1637.3	0.786	1636.0	0.786	1650.7	0.876	1642.7	0.821	1645.2	0.845	1647.9	0.869	1639.3	0.787
224	1654.8	0.792	679.2	0.000	1636.6	0.793	1647.2	0.866	1635.8	0.774	1635.8	0.796	1633.4	0.717	1653.5	0.900	1649.0	0.884
225	1629.9	0.514	760.1	0.000	1615.9	0.527	1600.3	0.279	1618.7	0.596	1599.4	0.283	1616.2	0.534	1617.9	0.561	1603.9	0.340
226	1655.0	0.823	810.8	0.000	1625.8	0.666	1615.2	0.504	1638.9	0.809	1619.7	0.571	1629.9	0.709	1654.6	0.920	1638.3	0.796
227	1645.1	0.700	668.4	0.000	1635.0	0.763	1620.9	0.605	1634.4	0.766	1618.2	0.551	1637.7	0.793	1615.8	0.553	1612.5	0.451
228	1612.6	0.208	712.4	0.000	1598.6	0.257	1591.7	0.181	1593.5	0.208	1581.3	0.112	1598.5	0.253	1600.8	0.295	1598.8	0.278
229	1633.6	0.533	703.9	0.000	1631.8	0.706	1614.3	0.481	1620.6	0.619	1630.8	0.714	1611.4	0.456	1617.0	0.541	1616.8	0.570
230	1643.1	0.657	797.8	0.000	1625.1	0.659	1605.7	0.385	1639.0	0.797	1623.0	0.637	1627.1	0.688	1633.3	0.731	1617.9	0.557
231	1609.5	0.168	676.5	0.000	1607.9	0.405	1603.4	0.336	1608.5	0.417	1594.3	0.226	1588.1	0.147	1599.0	0.272	1601.1	0.287
232	1657.8	0.818	823.5	0.000	1651.0	0.892	1655.9	0.936	1640.3	0.806	1652.1	0.896	1642.6	0.844	1651.9	0.907	1659.3	0.949
233	1647.9	0.722	724.6	0.000	1641.8	0.818	1643.3	0.817	1634.2	0.771	1635.0	0.759	1643.6	0.837	1621.7	0.657	1625.4	0.631
234	1600.7	0.092	711.2	0.000	1596.6	0.257	1591.5	0.173	1602.5	0.309	1598.0	0.243	1585.6	0.144	1602.8	0.308	1601.6	0.321
235	1633.6	0.556	694.5	0.000	1619.2	0.604	1645.4	0.842	1636.4	0.775	1648.8	0.889	1600.3	0.294	1640.3	0.812	1647.5	0.852
236	1624.4	0.404	715.9	0.000	1593.1	0.186	1591.8	0.186	1596.8	0.233	1604.7	0.353	1613.6	0.490	1613.8	0.493	1612.4	0.481
237	1652.1	0.772	771.9	0.000	1638.1	0.825	1630.5	0.740	1634.5	0.780	1635.0	0.757	1629.4	0.693	1641.9	0.816	1648.1	0.849
238	1651.7	0.755	697.2	0.000	1648.7	0.896	1645.5	0.846	1639.9	0.803	1642.7	0.818	1635.7	0.767	1629.1	0.718	1644.7	

SIMi	g19		g20		g21		g22		g23		g24		g25		g26	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
179	1504.2	0.394	1466.5	0.305	1224.0	0.062	1226.0	0.088	1226.8	0.081	1487.6	0.694	1506.6	0.766	1041.6	0.020
180	1619.0	0.980	1616.4	0.974	1313.4	0.500	1320.9	0.544	1335.5	0.548	1547.2	0.915	1616.1	0.984	1129.5	0.370
181	1459.7	0.316	1515.3	0.506	1259.9	0.246	1268.4	0.297	1281.3	0.407	1467.5	0.621	1466.1	0.640	1117.2	0.250
182	1566.4	0.784	1541.5	0.663	1267.8	0.307	1224.3	0.084	1268.6	0.306	1496.7	0.733	1428.0	0.582	1127.7	0.360
183	1525.2	0.521	1527.8	0.578	1260.6	0.248	1249.0	0.165	1233.4	0.116	1509.7	0.769	1543.2	0.903	1100.7	0.130
184	1582.4	0.881	1576.7	0.866	1298.7	0.468	1294.4	0.480	1277.8	0.360	1545.0	0.907	1468.5	0.638	1148.3	0.510
185	1515.9	0.482	1482.5	0.324	1240.5	0.144	1232.8	0.120	1341.5	0.553	1479.0	0.662	1506.0	0.758	1120.4	0.330
186	1532.2	0.606	1573.1	0.870	1245.6	0.168	1278.3	0.375	1271.6	0.326	1519.2	0.820	1549.0	0.932	1136.2	0.430
187	1533.7	0.572	1544.5	0.682	1283.0	0.375	1316.0	0.510	1244.5	0.150	1531.9	0.864	1520.7	0.823	1177.3	0.770
188	1512.5	0.467	1574.2	0.856	1250.6	0.197	1243.3	0.156	1281.4	0.370	1531.3	0.867	1475.2	0.670	1096.3	0.110
189	1544.0	0.680	1519.3	0.504	1283.8	0.392	1303.0	0.445	1267.8	0.302	1498.6	0.752	1490.8	0.724	1161.8	0.640
190	1504.3	0.420	1531.1	0.574	1245.5	0.149	1232.3	0.125	1265.3	0.276	1495.3	0.693	1503.5	0.732	1142.8	0.470
191	1562.9	0.788	1586.9	0.918	1306.9	0.489	1289.8	0.399	1266.0	0.281	1519.1	0.819	1522.7	0.822	1152.9	0.550
192	1586.7	0.914	1552.2	0.711	1319.6	0.505	1327.6	0.523	1309.8	0.507	1549.9	0.931	1651.3	0.991	1190.7	0.900
193	1614.9	0.970	1581.4	0.878	1310.3	0.514	1314.2	0.513	1320.5	0.506	1552.9	0.940	1584.1	0.968	1144.5	0.500
194	1634.0	0.992	1592.6	0.917	1313.3	0.492	1319.7	0.526	1329.5	0.541	1580.5	0.966	1548.4	0.929	1166.5	0.690
195	1501.2	0.418	1532.8	0.588	1222.1	0.054	1254.9	0.229	1223.3	0.075	1474.6	0.677	1473.4	0.643	1105.9	0.140
196	1555.9	0.749	1547.1	0.700	1267.4	0.272	1293.9	0.460	1288.7	0.439	1496.0	0.707	1479.7	0.667	1165.3	0.680
197	1556.7	0.758	1628.7	0.994	1372.9	0.537	1369.2	0.602	1344.1	0.568	1587.0	0.975	1578.3	0.957	1283.8	1.000
198	1528.7	0.553	1523.0	0.530	1248.0	0.175	1262.7	0.260	1263.8	0.271	1478.3	0.685	1489.5	0.690	1108.2	0.140
199	1526.1	0.523	1536.9	0.639	1251.6	0.211	1256.1	0.238	1275.4	0.342	1642.2	0.994	1526.2	0.834	1113.1	0.190
200	1572.4	0.852	1533.0	0.588	1269.4	0.301	1231.9	0.119	1247.4	0.182	1511.9	0.776	1503.1	0.749	1121.0	0.330
201	1613.5	0.460	1572.1	0.050	627.3	0.021	622.1	0.014	1514.3	0.621	1492.7	0.480	1511.6	0.580	498.9	0.080
202	1554.0	0.009	1556.8	0.013	651.0	0.077	636.1	0.034	1488.0	0.447	1469.5	0.427	1473.4	0.428	495.1	0.060
203	1623.5	0.630	1637.2	0.802	645.9	0.050	644.5	0.048	1552.8	0.886	1550.4	0.825	1562.3	0.912	518.4	0.140
204	1619.8	0.613	1634.2	0.755	702.1	0.233	757.9	0.373	1511.2	0.592	1547.4	0.808	1538.9	0.772	617.6	0.750
205	1597.0	0.227	1584.5	0.131	760.5	0.374	736.9	0.296	1520.1	0.647	1516.2	0.623	1521.5	0.660	630.8	0.810
206	1649.0	0.857	1659.3	0.943	771.3	0.400	766.9	0.387	1545.3	0.818	1584.3	0.975	1600.3	0.990	603.1	0.690
207	1629.5	0.721	1646.9	0.850	697.8	0.217	687.9	0.188	1535.5	0.734	1583.9	0.958	1536.5	0.767	511.4	0.100
208	1644.7	0.842	1656.7	0.944	729.3	0.292	746.9	0.329	1580.8	0.964	1591.9	0.980	1583.2	0.962	665.5	0.960
209	1631.9	0.721	1626.1	0.652	664.4	0.122	707.3	0.260	1553.2	0.845	1543.1	0.813	1555.7	0.885	513.8	0.110
210	1588.7	0.156	1598.5	0.274	675.7	0.143	664.0	0.117	1473.9	0.429	1526.3	0.678	1458.9	0.390	516.7	0.140
211	1591.3	0.147	1592.9	0.183	624.7	0.012	626.3	0.028	1501.8	0.517	1527.7	0.683	1541.5	0.807	485.9	0.020
212	1615.6	0.530	1632.8	0.728	714.7	0.261	719.7	0.288	1513.3	0.572	1569.5	0.931	1542.2	0.817	629.3	0.800
213	1591.2	0.178	1592.4	0.189	648.6	0.068	648.2	0.061	1509.2	0.562	1524.9	0.674	1503.8	0.516	529.2	0.210
214	1618.1	0.552	1608.0	0.419	726.5	0.287	736.6	0.307	1559.7	0.891	1511.3	0.586	1513.2	0.598	552.1	0.350
215	1532.3	0.000	1565.4	0.031	558.3	0.000	566.2	0.001	1452.4	0.415	1503.4	0.544	1450.2	0.402	429.2	0.000
216	1598.9	0.252	1615.1	0.497	748.0	0.355	714.8	0.276	1467.1	0.416	1518.6	0.647	1538.9	0.765	601.8	0.680
217	1630.7	0.722	1606.9	0.410	702.2	0.216	678.4	0.179	1531.8	0.701	1496.1	0.497	1523.2	0.649	572.5	0.460
218	1616.5	0.531	1614.7	0.489	654.5	0.058	753.4	0.371	1534.2	0.722	1538.7	0.757	1492.8	0.485	530.0	0.220
219	1615.3	0.511	1626.7	0.675	707.5	0.268	688.4	0.183	1541.0	0.769	1508.5	0.546	1557.3	0.879	550.9	0.350
220	1640.4	0.832	1636.5	0.803	679.8	0.174	697.5	0.215	1532.6	0.696	1553.6	0.863	1541.3	0.796	600.6	0.650
221	1575.8	0.067	1583.0	0.112	634.7	0.041	676.1	0.146	1510.7	0.585	1507.3	0.517	1509.2	0.557	549.3	0.340
222	1663.0	0.953	1661.8	0.964	758.4	0.353	773.6	0.381	1564.4	0.907	1587.0	0.974	1617.8	0.999	628.3	0.780
223	1635.9	0.763	1628.7	0.726	676.1	0.164	676.0	0.149	1549.3	0.831	1581.1	0.956	1568.3	0.947	531.7	0.220
224	1642.0	0.823	1643.4	0.842	658.2	0.088	622.0	0.015	1543.0	0.805	1529.3	0.700	1539.9	0.781	523.4	0.170
225	1620.8	0.630	1614.9	0.517	756.1	0.362	738.6	0.294	1518.9	0.649	1540.8	0.796	1557.8	0.889	582.4	0.510
226	1626.2	0.670	1625.8	0.688	760.1	0.392	755.3	0.365	1513.7	0.600	1530.8	0.708	1551.9	0.850	696.9	0.990
227	1636.6	0.784	1633.5	0.765	630.0	0.033	638.4	0.041	1536.1	0.762	1560.2	0.887	1563.0	0.918	513.9	0.110
228	1603.8	0.367	1607.7	0.412	705.2	0.239	664.7	0.132	1479.2	0.431	1480.0	0.447	1493.7	0.502	583.7	0.540
229	1620.9	0.617	1630.8	0.727	691.9	0.207	659.0	0.097	1486.8	0.471	1546.6	0.840	1542.8	0.782	593.7	0.620
230	1621.4	0.615	1628.1	0.705	771.0	0.387	740.0	0.327	1547.3	0.823	1556.6	0.894	1553.8	0.875	642.7	0.910
231	1592.0	0.190	1594.2	0.199	649.2	0.065	632.0	0.032	1495.8	0.498	1499.9	0.511	1507.4	0.535	559.4	0.300
232	1637.0	0.775	1646.2	0.859	794.2	0.398	801.9	0.380	1602.8	0.990	1570.4	0.945	1583.5	0.973	705.6	1.000
233	1629.1	0.720	1639.6	0.818	696.0	0.198	670.5	0.130	1558.9	0.888	1554.6	0.874	1528.9	0.717	553.5	0.370
234	1591.9	0.186	1593.9	0.213	674.8	0.135	689.3	0.192	1510.2	0.570	1499.9	0.493	1517.3	0.626	601.4	0.670
235	1597.0	0.228	1597.1	0.257	656.4	0.086	670.7	0.113	1513.8	0.599	1528.1	0.695	1512.6	0.583	547.4	0.320
236	1611.8	0.467	1618.9	0.566	681.1	0.182	661.6	0.104	1505.2	0.526	1536.5	0.764	1514.5	0.614	526.3	0.190
237	1631.5	0.720	1647.0	0.845	769.4	0.398	761.0	0.338	1510.2	0.559	1546.0	0.841	1561.6	0.905	595.0	0.630
238	1646.0	0.845	1647.2	0.860	651.5	0.067	655.5	0.090	1535.8	0.746	1519.5	0.622	1570.3	0.925	588.2	0.550
239	1575.0	0.066	1576.0	0.088	657.6	0.081	659.8	0.089	1495.1	0.508	1489.9	0.454	1536.2	0.720	516.0	0.130
240	1660.8	0.956	1640.9	0.821	747.3	0.371	746.8	0.347	1584.8	0.970	1571.8	0.946	1565.7	0.915	646.1	0.940
241	1615.7	0.527	1595.0	0.225	720.0	0.281	722.6	0.298	1551.2	0.843	1520.9	0.642	1530.0	0.698	607.4	0.700
242	1658.1	0.960	1656.0	0.925	754.8	0.367	762.9	0.359	1549.0	0.842	1567.9	0.921	1573.3	0.949	668.5	0.960
243	1612.0	0.443	1611.8	0.476	654.4	0.076	671.2	0.142	1513.6	0.591	1483.5	0.474	1503.4	0.524	543.3	0.320
244	1658.0	0.944	1652.2	0.904	740.2	0.321	740.8	0.321	1560.8	0.908	1571.6	0.935	1571.6	0.943	625.5	0.770
245	1605.2	0.386	1621.9	0.645	696.8	0.237	704.9	0.240	1513.2	0.586	1535.6	0.730	1555.6	0.885	644.2	0.930
246	1651.4	0.885	1653.4	0.901	652.6	0.073	647.8	0.059	1605.0							

SImi	g1			g2			g3			g4			g5			g6			g7			g8			g9		
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	
268	1647.0	0.739	1631.8	0.520	1645.9	0.673	1642.9	0.656	1632.4	0.497	1644.5	0.712	1643.2	0.639	1640.5	0.627	1639.8	0.617									
269	1606.0	0.130	1609.7	0.167	1610.2	0.194	1608.4	0.160	1607.0	0.124	1604.0	0.114	1601.1	0.093	1610.2	0.175	1607.3	0.128									
270	1609.8	0.182	1611.7	0.192	1607.3	0.136	1611.1	0.176	1611.8	0.214	1610.8	0.165	1611.8	0.198	1609.9	0.193	1611.8	0.210									
271	1624.3	0.412	1616.7	0.254	1624.7	0.408	1624.2	0.376	1610.2	0.192	1633.2	0.497	1625.6	0.442	1631.7	0.506	1630.3	0.493									
272	1599.8	0.082	1600.7	0.088	1587.4	0.031	1598.2	0.078	1600.3	0.091	1590.2	0.040	1604.8	0.133	1592.5	0.057	1604.8	0.101									
273	1621.6	0.324	1621.6	0.308	1619.6	0.306	1622.1	0.328	1620.4	0.312	1617.1	0.271	1619.0	0.288	1621.6	0.348	1618.0	0.265									
274	1624.3	0.363	1627.6	0.419	1628.0	0.475	1622.9	0.329	1628.0	0.481	1623.1	0.364	1628.0	0.469	1628.0	0.486	1627.5	0.450									
275	1617.0	0.269	1620.1	0.316	1629.5	0.508	1627.0	0.428	1623.2	0.359	1624.8	0.392	1623.3	0.366	1627.2	0.455	1625.2	0.402									
276	1631.4	0.522	1637.6	0.597	1637.1	0.606	1640.8	0.612	1627.3	0.438	1632.3	0.506	1631.6	0.492	1634.4	0.540	1636.8	0.573									
277	1621.5	0.308	1621.4	0.332	1624.3	0.362	1622.9	0.369	1624.9	0.423	1623.4	0.363	1625.0	0.414	1624.1	0.380	1623.9	0.383									
278	1719.8	0.994	1712.7	0.933	1719.8	0.999	1716.6	0.985	1719.8	0.993	1719.8	0.993	1719.8	0.998	1717.3	0.985	1718.4	0.980									
279	1651.9	0.737	1645.5	0.718	1644.0	0.668	1647.8	0.727	1642.6	0.647	1646.8	0.721	1653.2	0.748	1643.4	0.646	1645.4	0.708									
280	1614.1	0.213	1624.5	0.403	1621.5	0.314	1626.2	0.441	1622.2	0.322	1630.8	0.504	1629.9	0.470	1628.3	0.501	1635.6	0.562									
281	1639.5	0.597	1643.0	0.664	1636.7	0.563	1643.0	0.670	1639.1	0.617	1632.3	0.549	1637.4	0.599	1643.0	0.652	1638.0	0.585									
282	1633.5	0.524	1632.2	0.521	1632.6	0.517	1633.3	0.521	1629.1	0.479	1633.9	0.544	1636.7	0.591	1636.7	0.580	1635.2	0.562									
283	1660.8	0.877	1663.2	0.868	1664.2	0.896	1658.7	0.862	1660.2	0.858	1664.2	0.897	1661.9	0.855	1664.2	0.897	1664.2	0.886									
284	1612.9	0.215	1611.3	0.207	1611.3	0.201	1614.5	0.221	1614.5	0.259	1605.1	0.110	1608.3	0.147	1611.5	0.218	1614.5	0.229									
285	1625.6	0.389	1625.3	0.414	1623.3	0.360	1622.1	0.327	1625.6	0.423	1625.6	0.442	1622.4	0.326	1624.8	0.399	1625.6	0.415									
286	1645.1	0.681	1645.1	0.693	1645.1	0.710	1633.7	0.524	1645.1	0.692	1645.1	0.687	1641.5	0.671	1641.3	0.622	1640.8	0.635									
287	1621.0	0.318	1621.1	0.315	1623.6	0.398	1622.8	0.353	1620.1	0.317	1619.3	0.274	1622.3	0.303	1623.6	0.342	1623.6	0.346									
288	1629.4	0.483	1629.4	0.474	1625.5	0.411	1628.4	0.479	1629.4	0.495	1627.8	0.461	1622.3	0.316	1627.3	0.444	1626.3	0.464									
289	1610.7	0.164	1611.2	0.172	1611.2	0.180	1609.4	0.182	1609.8	0.187	1606.6	0.119	1605.1	0.112	1611.1	0.199	1605.9	0.132									
290	1663.0	0.858	1663.8	0.872	1668.3	0.938	1661.3	0.864	1665.9	0.899	1667.7	0.930	1664.0	0.881	1665.6	0.909	1668.3	0.937									
291	1724.7	1.000	1716.8	0.986	1721.7	0.997	1722.6	0.995	1724.7	1.000	1721.9	0.995	1724.7	1.000	1718.4	0.990	1721.8	0.992									
292	1596.2	0.080	1598.5	0.089	1590.4	0.042	1598.2	0.060	1589.5	0.049	1590.7	0.053	1588.6	0.029	1595.2	0.055	1587.7	0.033									
293	1641.7	0.639	1635.0	0.553	1638.4	0.592	1638.6	0.607	1635.1	0.562	1630.8	0.500	1634.0	0.550	1641.7	0.647	1641.7	0.631									
294	1662.2	0.863	1665.5	0.906	1665.5	0.913	1661.8	0.870	1664.1	0.895	1665.5	0.891	1663.3	0.884	1665.5	0.903	1658.7	0.838									
295	1626.1	0.412	1620.9	0.327	1614.5	0.224	1623.2	0.335	1627.7	0.426	1623.1	0.366	1627.7	0.460	1618.0	0.275	1622.2	0.343									
296	1667.8	0.911	1662.9	0.864	1670.0	0.938	1666.8	0.914	1665.3	0.899	1670.1	0.940	1663.2	0.887	1667.3	0.908	1668.8	0.919									
297	1621.3	0.320	1618.7	0.275	1623.7	0.367	1614.3	0.230	1620.0	0.303	1623.7	0.373	1617.0	0.259	1623.7	0.379	1609.9	0.174									
298	1616.0	0.250	1608.7	0.149	1612.1	0.216	1613.5	0.232	1606.5	0.129	1613.2	0.221	1614.0	0.254	1604.5	0.115	1609.2	0.160									
299	1616.8	0.230	1617.8	0.277	1617.8	0.269	1617.8	0.266	1609.3	0.154	1614.8	0.259	1613.5	0.235	1608.2	0.147	1614.0	0.223									
300	1610.1	0.160	1601.0	0.084	1612.8	0.235	1614.2	0.251	1598.4	0.085	1609.8	0.161	1614.3	0.220	1609.7	0.153	1614.9	0.241									
301	1590.3	0.772	1592.2	0.807	1602.4	0.873	1603.1	0.881	1577.8	0.616	1598.9	0.869	1604.0	0.885	1605.0	0.918	1605.0	0.918									
302	1539.1	0.170	1522.8	0.056	1553.8	0.302	1553.8	0.286	1526.7	0.086	1553.5	0.287	1553.8	0.285	1547.9	0.215	1548.1	0.224									
303	1552.6	0.295	1523.6	0.075	1562.9	0.383	1564.8	0.427	1530.0	0.112	1563.1	0.399	1564.8	0.399	1561.3	0.363	1564.8	0.441									
304	1575.7	0.606	1582.8	0.684	1587.3	0.717	1590.0	0.772	1569.9	0.519	1588.5	0.755	1592.5	0.798	1592.8	0.782	1591.0	0.813									
305	1575.1	0.572	1547.7	0.221	1570.0	0.488	1578.9	0.639	1555.8	0.300	1574.2	0.596	1578.4	0.612	1576.9	0.604	1576.4	0.597									
306	1586.3	0.758	1564.1	0.408	1597.2	0.831	1590.9	0.779	1555.4	0.321	1596.3	0.816	1587.6	0.737	1589.0	0.753	1582.0	0.668									
307	1495.2	0.010	1516.3	0.045	1531.9	0.123	1531.9	0.099	1522.8	0.085	1531.9	0.105	1526.7	0.096	1526.8	0.102	1528.6	0.084									
308	1537.8	0.148	1521.1	0.063	1559.0	0.359	1559.0	0.345	1538.6	0.142	1559.0	0.359	1559.0	0.348	1559.0	0.357	1557.9	0.326									
309	1606.9	0.940	1598.6	0.843	1611.8	0.961	1611.9	0.977	1607.1	0.944	1611.4	0.963	1610.0	0.966	1606.0	0.933	1614.3	0.975									
310	1604.6	0.892	1590.4	0.793	1618.7	0.985	1620.4	0.988	1595.0	0.829	1612.5	0.975	1614.1	0.971	1615.4	0.984	1621.8	0.985									
311	1578.7	0.655	1595.0	0.827	1607.9	0.953	1609.7	0.970	1580.6	0.668	1601.8	0.865	1609.2	0.961	1606.8	0.946	1609.7	0.962									
312	1526.9	0.079	1543.4	0.190	1564.5	0.423	1565.8	0.419	1551.4	0.277	1568.7	0.492	1567.1	0.433	1563.3	0.385	1564.0	0.431									
313	1560.5	0.384	1569.6	0.492	1605.8	0.933	1605.8	0.926	1589.1	0.742	1605.8	0.931	1605.8	0.928	1605.0	0.907	1602.6	0.874									
314	1554.1	0.310	1577.7	0.611	1602.5	0.886	1600.9	0.878	1583.3	0.699	1601.3	0.857	1604.7	0.896	1604.7	0.906	1604.7	0.898									
315	1503.6	0.028	1507.1	0.032	1533.3	0.108	1532.4	0.112	1496.4	0.007	1533.3	0.126	1530.5	0.127	1532.1	0.092	1529.4	0.117									
316	1542.8	0.175	1539.4	0.164	1567.4	0.484	1568.5	0.494	1549.7	0.238	1568.1	0.474	1563.9	0.430	1565.3	0.421	1561.6	0.373									
317	1546.0	0.208	1541.8	0.192	1554.6	0.299	1555.0	0.300	1546.2	0.219	1555.5	0.317	1553.1	0.296	1555.5	0.315	1554.2	0.284									
318	1547.6	0.247	1540.5	0.170	1575.5	0.582	1574.3	0.558	1558.1	0.340	1573.7	0.540	1574.7	0.581	1576.0	0.612	1575.2	0.587									
319	1540.8	0.155	1535.6	0.139	1550.1	0.257	1548.1	0.236	1528.6	0.103	1554.8	0.325	1547.6	0.216	1542.6	0.191	1553.7	0.284									
320	1604.9	0.906	1591.5	0.799	1607.2	0.919	1609.3	0.964	1585.9	0.743	1609.3	0.964	1609.3	0.970	1605.8	0.918	1607.6	0.954									
321	1524.7	0.085	1522.8	0.076	1556.6	0.336	1560.3	0.357	1535.9	0.118	1555.8	0.321	1560.3	0.337	1557.5	0.346	1547.8	0.236									
322	1503.9	0.029	1515.3	0.046	1548.2	0.234	1549.4	0.248	1517.3	0.045	1546.3	0.215	1549.4	0.252	1541.6	0.175	1545.8	0.204									
323	1579.9	0.620	1590.3	0.785	1597.1	0.835	1603.1	0.900	1580.9	0.644	1602.2	0.876	1599.4	0.851	1597.6	0.848	1600.1	0.866									
324	1584.1	0.688	1605.6	0.937	1621.2	0.980	1623.7	0.989	1585.8	0.729	1624.9	0.994	1621.2	0.990	1627.1	0.997	1627.1	0.997									
325	1605.1	0.030	1513.6	0.045	1537.2	0.114	1544.3	0.196	1520.8	0.059	1537.7	0.159	1543.7	0.183	1545.0	0.199	1540.3	0.172									
326	1558.6	0.334	1553.9	0.300	1570.4	0.485	1567.5	0.460	1538.2	0.172	1572.3	0.534	1571.3	0.556	1571.8	0.547	1571.3	0.524									
327	1535.9	0.126	1523.5	0.078	1546.1	0.226	1550.2	0.263	152																		

Simi	g10		g11		g12		g13		g14		g15		g16		g17		g18	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
268	1645.3	0.722	713.2	0.000	1640.2	0.815	1635.0	0.757	1622.7	0.636	1625.1	0.673	1625.5	0.662	1623.4	0.675	1625.4	0.697
269	1608.4	0.158	766.2	0.000	1575.9	0.079	1593.3	0.201	1601.5	0.295	1597.4	0.235	1594.4	0.179	1585.7	0.133	1579.9	0.099
270	1604.7	0.124	673.0	0.000	1600.1	0.280	1570.7	0.053	1598.8	0.259	1597.8	0.221	1573.8	0.064	1600.2	0.271	1604.5	0.387
271	1633.2	0.518	655.4	0.000	1595.6	0.226	1605.5	0.394	1591.5	0.171	1606.2	0.397	1615.0	0.499	1605.7	0.361	1603.0	0.361
272	1592.5	0.055	686.7	0.000	1571.1	0.051	1583.4	0.110	1574.9	0.072	1586.8	0.127	1563.9	0.031	1573.4	0.068	1570.6	0.042
273	1620.9	0.309	676.5	0.000	1602.7	0.321	1614.2	0.456	1599.8	0.295	1602.0	0.324	1594.7	0.203	1606.7	0.395	1594.2	0.202
274	1628.0	0.461	764.9	0.000	1611.8	0.485	1614.3	0.485	1608.9	0.458	1617.1	0.526	1618.1	0.545	1606.1	0.406	1611.7	0.454
275	1629.5	0.476	725.5	0.000	1607.3	0.411	1611.1	0.442	1598.9	0.260	1596.0	0.238	1606.1	0.367	1614.9	0.518	1608.0	0.400
276	1640.8	0.638	749.8	0.000	1617.5	0.566	1622.9	0.637	1618.8	0.582	1619.3	0.570	1623.1	0.636	1607.2	0.415	1602.0	0.310
277	1623.6	0.356	735.6	0.000	1600.6	0.291	1603.0	0.317	1611.7	0.457	1609.8	0.472	1612.6	0.468	1616.8	0.548	1609.7	0.407
278	1719.8	0.991	753.4	0.000	1703.9	0.987	1707.1	0.990	1681.9	0.982	1697.1	0.988	1696.2	0.985	1697.4	0.982	1707.9	0.998
279	1631.5	0.493	739.0	0.000	1632.4	0.728	1632.3	0.724	1619.4	0.623	1596.6	0.143	1615.7	0.532	1621.1	0.612	1622.3	0.629
280	1630.2	0.469	680.6	0.000	1602.0	0.305	1595.3	0.198	1595.0	0.223	1605.2	0.370	1608.5	0.425	1595.7	0.230	1602.0	0.319
281	1641.9	0.632	712.5	0.000	1615.6	0.521	1630.4	0.697	1625.9	0.686	1623.3	0.674	1627.8	0.727	1616.1	0.509	1622.9	0.660
282	1634.8	0.559	689.3	0.000	1599.7	0.257	1615.3	0.502	1628.3	0.712	1626.4	0.684	1617.1	0.549	1611.6	0.459	1612.5	0.466
283	1664.2	0.887	700.9	0.000	1658.3	0.943	1643.9	0.855	1656.5	0.940	1636.1	0.791	1652.8	0.891	1657.7	0.933	1653.8	0.913
284	1608.5	0.132	724.1	0.000	1595.0	0.232	1582.0	0.119	1597.1	0.237	1604.6	0.350	1595.1	0.199	1602.6	0.304	1604.4	0.361
285	1619.3	0.293	793.4	0.000	1614.0	0.497	1617.0	0.561	1615.7	0.524	1608.5	0.394	1594.7	0.207	1618.6	0.595	1605.2	0.380
286	1639.6	0.615	752.1	0.000	1623.5	0.646	1605.9	0.388	1622.8	0.606	1634.9	0.756	1622.3	0.640	1620.6	0.615	1617.9	0.560
287	1621.2	0.319	735.8	0.000	1600.6	0.294	1609.2	0.442	1605.5	0.380	1609.9	0.421	1609.7	0.454	1602.1	0.306	1608.0	0.405
288	1622.9	0.311	734.3	0.000	1619.5	0.588	1609.1	0.418	1614.2	0.488	1620.4	0.592	1616.3	0.538	1619.9	0.614	1622.4	0.625
289	1607.3	0.145	738.6	0.000	1599.1	0.272	1598.9	0.260	1593.6	0.190	1597.9	0.257	1598.7	0.256	1589.9	0.166	1589.6	0.177
290	1668.3	0.925	754.3	0.000	1650.7	0.894	1635.5	0.802	1656.5	0.930	1654.5	0.923	1660.3	0.953	1641.3	0.824	1650.4	0.890
291	1719.8	0.987	828.4	0.000	1707.6	0.988	1720.3	1.000	1692.5	0.990	1709.8	0.995	1711.2	0.995	1711.8	0.998	1714.1	0.996
292	1586.1	0.031	721.4	0.000	1577.8	0.073	1578.2	0.070	1567.9	0.042	1578.1	0.080	1575.3	0.079	1561.5	0.027	1552.8	0.006
293	1638.8	0.602	729.8	0.000	1624.3	0.634	1606.7	0.419	1617.3	0.590	1595.7	0.244	1618.3	0.542	1607.0	0.388	1601.1	0.308
294	1660.9	0.878	726.3	0.000	1648.8	0.866	1636.1	0.772	1656.7	0.930	1635.7	0.759	1644.1	0.855	1644.9	0.853	1639.8	0.807
295	1617.2	0.276	713.7	0.000	1594.3	0.202	1613.8	0.488	1581.0	0.100	1604.9	0.339	1598.8	0.158	1611.4	0.455	1621.8	0.633
296	1673.3	0.948	753.4	0.000	1662.5	0.954	1631.5	0.728	1654.4	0.904	1650.8	0.893	1649.8	0.880	1630.0	0.733	1628.3	0.735
297	1612.9	0.230	756.1	0.000	1617.1	0.539	1578.9	0.084	1610.7	0.429	1595.9	0.240	1609.8	0.446	1615.0	0.505	1604.5	0.430
298	1606.9	0.124	761.3	0.000	1609.3	0.445	1607.0	0.401	1582.6	0.109	1591.7	0.188	1594.6	0.217	1597.6	0.261	1587.8	0.123
299	1618.4	0.283	740.6	0.000	1604.4	0.327	1602.1	0.313	1601.5	0.306	1608.4	0.390	1615.5	0.541	1582.4	0.115	1604.1	0.340
300	1616.8	0.259	687.3	0.000	1598.5	0.261	1601.2	0.315	1568.1	0.033	1583.2	0.106	1596.8	0.230	1583.9	0.130	1584.8	0.138
301	1602.6	0.897	1121.3	0.000	1577.7	0.849	1571.1	0.793	1572.8	0.800	1581.5	0.900	1594.3	0.963	1553.7	0.569	1569.6	0.780
302	1553.8	0.308	1079.7	0.000	1522.9	0.212	1515.2	0.143	1503.2	0.068	1509.1	0.135	1532.0	0.315	1523.1	0.228	1523.2	0.231
303	1565.4	0.458	1094.1	0.000	1529.4	0.282	1544.1	0.447	1511.6	0.121	1505.6	0.098	1554.1	0.580	1521.7	0.221	1528.1	0.253
304	1588.6	0.766	1123.7	0.000	1559.0	0.645	1564.5	0.694	1565.0	0.700	1559.4	0.634	1575.5	0.830	1560.4	0.659	1556.2	0.616
305	1573.3	0.543	1044.7	0.000	1560.6	0.656	1565.7	0.696	1523.5	0.218	1532.5	0.331	1563.4	0.666	1544.6	0.454	1541.5	0.398
306	1586.3	0.740	1086.3	0.000	1573.4	0.801	1570.9	0.786	1541.2	0.424	1544.4	0.462	1577.1	0.826	1553.2	0.573	1551.2	0.557
307	1529.0	0.099	1051.3	0.000	1479.6	0.028	1472.1	0.014	1495.7	0.062	1487.7	0.041	1520.1	0.182	1506.0	0.106	1505.7	0.094
308	1557.1	0.337	1052.9	0.000	1518.7	0.197	1522.6	0.210	1512.0	0.121	1508.3	0.132	1544.3	0.439	1538.2	0.347	1531.8	0.290
309	1604.4	0.899	1174.7	0.000	1589.8	0.947	1594.8	0.970	1574.7	0.804	1573.9	0.814	1591.3	0.942	1578.7	0.856	1594.4	0.967
310	1617.2	0.980	1083.9	0.000	1594.3	0.960	1592.7	0.960	1553.8	0.579	1563.6	0.696	1605.1	0.995	1581.4	0.874	1578.9	0.853
311	1609.7	0.965	1082.9	0.000	1554.6	0.573	1567.7	0.733	1584.6	0.916	1580.5	0.860	1602.9	0.991	1560.5	0.637	1565.0	0.722
312	1566.0	0.486	1041.7	0.000	1513.4	0.135	1518.9	0.180	1523.9	0.218	1513.9	0.138	1554.8	0.593	1539.7	0.384	1517.4	0.151
313	1603.8	0.886	1057.3	0.000	1553.0	0.557	1558.4	0.619	1566.6	0.743	1556.0	0.609	1600.3	0.988	1581.2	0.892	1576.5	0.827
314	1604.7	0.910	1088.0	0.000	1540.4	0.395	1539.3	0.395	1572.7	0.764	1568.7	0.741	1595.0	0.968	1574.8	0.823	1580.9	0.861
315	1533.8	0.122	993.1	0.000	1500.7	0.071	1498.8	0.066	1486.3	0.027	1494.6	0.065	1528.7	0.280	1491.2	0.048	1488.6	0.045
316	1564.2	0.410	1133.3	0.000	1518.1	0.170	1528.0	0.271	1524.7	0.254	1521.1	0.188	1551.7	0.538	1526.7	0.248	1534.4	0.325
317	1554.7	0.295	1051.8	0.000	1536.8	0.350	1536.2	0.350	1529.7	0.300	1528.2	0.262	1545.0	0.429	1538.0	0.368	1528.3	0.295
318	1575.5	0.608	1069.0	0.000	1529.9	0.300	1542.9	0.408	1531.2	0.304	1531.2	0.323	1568.4	0.737	1549.0	0.489	1553.0	0.566
319	1554.6	0.308	1106.8	0.000	1523.8	0.192	1513.7	0.144	1507.2	0.130	1505.2	0.096	1532.8	0.316	1515.8	0.157	1501.2	0.080
320	1609.3	0.952	1161.3	0.000	1597.5	0.978	1600.9	0.992	1576.7	0.835	1576.7	0.835	1601.4	0.992	1576.9	0.833	1559.4	0.621
321	1558.6	0.329	1026.5	0.000	1498.9	0.064	1520.2	0.169	1510.2	0.128	1507.3	0.116	1545.6	0.439	1530.8	0.105	1513.3	0.161
322	1548.7	0.241	1015.5	0.000	1494.4	0.056	1503.8	0.094	1496.6	0.059	1504.3	0.085	1528.4	0.247	1500.1	0.071	1506.1	0.111
323	1600.3	0.877	1134.4	0.000	1558.4	0.616	1564.6	0.678	1569.8	0.750	1576.9	0.829	1590.5	0.950	1560.7	0.681	1558.0	0.629
324	1626.1	0.991	1017.7	0.000	1571.2	0.765	1575.6	0.734	1594.6	0.968	1596.6	0.972	1615.3	0.998	1596.3	0.766	1578.5	0.857
325	1544.3	0.219	1038.9	0.000	1493.7	0.065	1493.0	0.047	1508.2	0.118	1501.5	0.078	1533.1	0.342	1506.5	0.115	1511.4	0.134
326	1572.6	0.536	1093.8	0.000	1551.1	0.530	1549.0	0.462	1540.0	0.428	1531.2	0.327	1559.1	0.648	1530.8	0.302	1526.0	0.232
327	1549.5	0.252	1103.1	0.000	1512.4	0.130	1526.0	0.244	1500.4	0.074	1513.5	0.135	1527.6	0.279	1520.1	0.195	1520.	

SIMi	g19		g20		g21		g22		g23		g24		g25		g26	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
268	1620.6	0.617	1629.6	0.708	687.8	0.171	685.3	0.179	1562.4	0.929	1538.8	0.762	1577.1	0.945	645.1	0.930
269	1580.9	0.112	1601.4	0.312	744.5	0.326	741.4	0.334	1509.0	0.549	1521.5	0.664	1509.0	0.561	633.6	0.830
270	1595.3	0.228	1588.8	0.165	637.1	0.049	631.2	0.032	1481.2	0.454	1518.2	0.616	1490.7	0.518	494.0	0.050
271	1612.0	0.472	1623.0	0.651	615.5	0.010	612.3	0.007	1508.7	0.553	1517.7	0.609	1545.4	0.843	488.9	0.020
272	1582.8	0.119	1577.5	0.079	668.3	0.122	639.7	0.052	1484.7	0.451	1469.9	0.454	1456.2	0.402	490.8	0.050
273	1593.8	0.205	1609.5	0.436	637.6	0.045	628.4	0.017	1520.6	0.636	1515.9	0.625	1523.2	0.675	504.0	0.080
274	1618.4	0.569	1620.9	0.601	732.0	0.292	737.2	0.318	1533.8	0.743	1567.9	0.916	1518.8	0.622	614.7	0.750
275	1610.9	0.433	1613.2	0.475	691.6	0.195	704.2	0.221	1510.4	0.589	1530.5	0.696	1517.5	0.602	588.3	0.550
276	1626.9	0.684	1619.3	0.612	719.6	0.258	754.0	0.344	1550.4	0.848	1539.9	0.800	1525.8	0.695	635.1	0.870
277	1601.3	0.284	1613.6	0.459	701.6	0.223	704.6	0.233	1508.9	0.550	1553.0	0.855	1534.0	0.730	582.9	0.530
278	1705.8	0.992	1690.5	0.987	723.8	0.290	724.8	0.274	1588.5	0.977	1569.9	0.937	1612.0	0.993	609.2	0.730
279	1605.5	0.362	1594.5	0.220	697.8	0.206	715.5	0.280	1518.6	0.640	1458.5	0.395	1505.5	0.535	560.4	0.400
280	1601.3	0.306	1612.9	0.455	661.4	0.101	649.6	0.068	1508.1	0.549	1495.0	0.491	1503.0	0.538	535.7	0.270
281	1606.5	0.388	1625.6	0.674	672.2	0.133	739.7	0.320	1532.5	0.719	1559.4	0.885	1541.5	0.811	591.7	0.600
282	1596.7	0.246	1626.1	0.688	644.7	0.050	644.6	0.044	1510.1	0.566	1551.7	0.849	1544.7	0.823	537.8	0.270
283	1658.3	0.953	1660.5	0.954	683.1	0.185	667.2	0.112	1590.0	0.975	1545.4	0.812	1601.5	0.985	565.6	0.430
284	1584.8	0.138	1601.0	0.314	659.9	0.103	753.7	0.371	1499.2	0.513	1507.7	0.535	1524.7	0.773	590.8	0.560
285	1614.0	0.478	1609.4	0.433	749.1	0.337	803.8	0.404	1554.9	0.866	1529.0	0.675	1540.8	0.763	643.0	0.920
286	1627.7	0.692	1620.1	0.603	695.7	0.193	712.5	0.262	1514.1	0.596	1527.4	0.695	1502.8	0.531	642.5	0.890
287	1602.5	0.326	1608.7	0.410	680.6	0.181	689.1	0.183	1493.8	0.484	1555.4	0.876	1568.3	0.926	552.8	0.360
288	1617.4	0.555	1616.1	0.536	695.8	0.190	710.0	0.260	1548.5	0.835	1552.1	0.845	1534.0	0.722	608.5	0.720
289	1596.8	0.234	1586.1	0.142	693.9	0.195	720.0	0.264	1537.0	0.759	1484.8	0.481	1466.9	0.429	591.5	0.580
290	1660.9	0.947	1651.4	0.902	711.8	0.276	774.1	0.391	1598.6	0.983	1600.2	0.980	1556.6	0.898	633.5	0.810
291	1711.0	0.995	1705.5	0.987	763.2	0.377	807.2	0.394	1646.8	0.997	1577.4	0.955	1613.6	0.997	635.4	0.880
292	1575.2	0.068	1553.1	0.004	666.7	0.116	683.2	0.184	1508.8	0.546	1475.9	0.430	1437.9	0.406	540.0	0.290
293	1606.4	0.403	1627.4	0.707	691.8	0.185	694.8	0.217	1518.4	0.626	1517.9	0.642	1492.0	0.483	568.7	0.450
294	1643.4	0.842	1644.7	0.851	697.3	0.200	732.9	0.308	1514.2	0.610	1541.2	0.783	1535.8	0.750	577.8	0.490
295	1604.7	0.382	1605.0	0.374	679.5	0.165	669.3	0.116	1513.5	0.587	1515.2	0.631	1528.7	0.672	593.4	0.610
296	1635.1	0.757	1655.8	0.920	718.3	0.264	718.6	0.300	1561.3	0.877	1555.3	0.871	1537.8	0.779	602.7	0.680
297	1591.2	0.181	1595.2	0.235	719.5	0.289	728.8	0.292	1533.0	0.735	1540.3	0.792	1506.5	0.528	591.3	0.580
298	1595.0	0.204	1581.3	0.093	718.8	0.248	728.0	0.309	1534.7	0.748	1528.0	0.669	1504.5	0.530	634.7	0.860
299	1600.3	0.279	1591.3	0.162	741.9	0.345	698.3	0.236	1530.6	0.707	1539.0	0.771	1497.0	0.501	614.5	0.730
300	1598.7	0.274	1598.2	0.266	655.1	0.081	632.4	0.041	1552.0	0.847	1493.1	0.505	1529.1	0.701	489.4	0.040
301	1590.6	0.939	1594.3	0.956	1143.5	0.383	1096.2	0.318	1514.2	0.925	1516.8	0.937	1503.4	0.869	966.0	0.830
302	1536.9	0.346	1536.5	0.358	1060.4	0.238	1050.6	0.211	1476.3	0.640	1443.2	0.485	1468.9	0.624	916.5	0.420
303	1556.1	0.607	1549.1	0.490	1058.1	0.240	1057.0	0.220	1478.0	0.669	1444.0	0.502	1469.5	0.620	924.3	0.500
304	1583.6	0.900	1584.5	0.903	1076.1	0.313	1083.8	0.320	1516.1	0.938	1499.0	0.819	1498.3	0.810	976.2	0.880
305	1565.0	0.708	1563.3	0.714	998.8	0.054	996.4	0.054	1504.0	0.865	1451.5	0.521	1483.3	0.708	885.0	0.220
306	1573.1	0.804	1562.1	0.676	1060.8	0.239	1065.7	0.280	1511.6	0.905	1496.4	0.803	1484.5	0.730	914.8	0.410
307	1514.9	0.143	1512.0	0.122	983.6	0.028	1021.6	0.116	1434.1	0.452	1447.7	0.502	1454.7	0.545	850.7	0.070
308	1545.3	0.464	1547.8	0.497	1029.8	0.141	1016.3	0.092	1468.3	0.585	1438.1	0.448	1472.6	0.631	901.3	0.280
309	1592.8	0.961	1589.3	0.940	1134.1	0.378	1136.4	0.371	1532.9	0.977	1483.1	0.710	1537.6	0.991	1090.3	0.990
310	1586.5	0.920	1611.4	0.994	1040.1	0.183	1030.7	0.144	1534.3	0.980	1499.1	0.810	1505.9	0.890	895.1	0.270
311	1592.5	0.952	1595.0	0.971	1054.2	0.219	1069.7	0.279	1499.0	0.808	1557.3	0.988	1509.7	0.907	942.3	0.630
312	1556.4	0.588	1549.1	0.520	987.8	0.037	1035.9	0.185	1466.1	0.571	1460.0	0.564	1438.9	0.482	852.7	0.080
313	1581.9	0.878	1594.5	0.976	1038.3	0.174	1019.7	0.100	1461.9	0.573	1495.1	0.813	1492.7	0.797	887.1	0.230
314	1597.0	0.978	1597.2	0.981	1047.5	0.182	1060.0	0.228	1488.3	0.747	1511.9	0.920	1509.8	0.904	907.2	0.350
315	1518.1	0.181	1523.4	0.222	964.8	0.027	954.1	0.009	1462.0	0.554	1424.6	0.440	1420.6	0.443	844.7	0.040
316	1551.7	0.557	1536.3	0.349	1120.7	0.393	1132.5	0.368	1453.8	0.515	1481.5	0.707	1473.2	0.620	1023.0	0.960
317	1543.0	0.402	1544.3	0.456	1029.0	0.144	1045.4	0.196	1488.0	0.731	1491.3	0.778	1465.0	0.606	836.0	0.030
318	1563.7	0.679	1554.4	0.566	1055.5	0.253	1027.1	0.117	1495.1	0.796	1474.9	0.644	1499.8	0.833	924.9	0.520
319	1539.9	0.381	1532.9	0.330	1087.8	0.310	1061.7	0.271	1460.5	0.594	1425.4	0.428	1447.2	0.508	924.4	0.500
320	1586.7	0.917	1591.3	0.950	1156.4	0.385	1171.0	0.421	1542.4	0.994	1523.9	0.963	1503.8	0.845	1068.7	0.980
321	1535.1	0.345	1527.0	0.251	985.4	0.022	1010.4	0.088	1443.2	0.487	1465.5	0.598	1425.2	0.429	867.7	0.150
322	1533.8	0.337	1519.9	0.188	954.2	0.019	986.5	0.029	1447.6	0.511	1410.8	0.424	1442.8	0.492	794.8	0.000
323	1584.6	0.898	1580.6	0.869	1096.4	0.338	1115.4	0.376	1511.9	0.916	1522.9	0.961	1512.7	0.941	984.5	0.910
324	1614.6	0.997	1618.7	1.000	1012.0	0.072	989.7	0.042	1503.4	0.879	1550.6	0.996	1508.4	0.881	903.7	0.330
325	1518.4	0.187	1517.0	0.147	1000.4	0.063	1012.4	0.081	1438.5	0.493	1423.4	0.400	1433.1	0.465	908.5	0.360
326	1567.2	0.718	1553.3	0.551	1054.7	0.231	1076.7	0.312	1523.2	0.968	1485.5	0.737	1478.7	0.697	969.7	0.840
327	1543.1	0.454	1540.6	0.419	1076.4	0.339	1062.5	0.265	1442.3	0.457	1439.9	0.476	1482.7	0.705	919.8	0.450
328	1558.3	0.633	1558.0	0.635	1031.1	0.150	1033.0	0.171	1486.8	0.719	1502.1	0.848	1477.8	0.651	905.3	0.340
329	1508.8	0.114	1514.2	0.142	1028.1	0.130	995.0	0.042	1438.7	0.474	1434.9	0.453	1450.7	0.515	920.0	0.470
330	1543.8	0.439	1556.8	0.610	1028.3	0.129	1048.8	0.207	1484.5	0.715	1453.6	0.542	1464.5	0.568	917.3	0.450
331	1579.0	0.873	1570.9	0.781	1050.8	0.202	1064.4	0.278	1510.0	0.889	1503.7	0.871	1468.3	0.595	964.9	0.800
332	1581.1	0.893	1581.2	0.876	1075.5	0.311	1043.0	0.174	1505.0	0.879	1515.5	0.947	1490.4	0.772	950.4	0.680
333	1584.7	0.922	1600.1	0.985	1067.7	0.277	1060.5	0.249	1520.2	0.958	1533.7	0.988	1483.4	0.722	976.4	0.880
334	1521.2	0.203	1521.1	0.189	930.7	0.004	933.8	0.004	1447.8	0.513	1436.8	0.464	1453.5	0.530	877.5	0.200
335	1532.6	0.309	1511.7	0.129	1060.6	0.252	1057.5	0.229	1435.2	0.465						



SImi	g1		g2		g3		g4		g5		g6		g7		g8		g9	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
357	1582.1	0.683	1570.8	0.524	1601.4	0.858	1596.9	0.839	1598.0	0.840	1601.4	0.883	1601.4	0.867	1597.6	0.846	1599.2	0.874
358	1498.0	0.015	1511.3	0.036	1520.6	0.053	1525.3	0.080	1496.9	0.014	1523.8	0.073	1525.3	0.078	1523.3	0.093	1525.3	0.085
359	1561.6	0.402	1552.3	0.276	1565.1	0.415	1567.0	0.457	1544.0	0.195	1568.4	0.470	1568.6	0.519	1557.3	0.348	1563.1	0.373
360	1599.8	0.865	1587.3	0.718	1604.2	0.888	1607.9	0.946	1598.4	0.855	1607.9	0.950	1607.6	0.951	1608.8	0.940	1605.1	0.919
361	1577.4	0.599	1560.9	0.365	1589.1	0.770	1585.7	0.739	1572.2	0.536	1590.7	0.778	1591.2	0.785	1585.3	0.726	1591.0	0.799
362	1570.3	0.509	1548.8	0.214	1583.0	0.685	1575.6	0.585	1541.9	0.173	1582.7	0.669	1582.7	0.720	1580.8	0.663	1582.7	0.673
363	1491.1	0.013	1492.1	0.010	1508.5	0.041	1508.5	0.041	1484.2	0.008	1508.5	0.040	1508.5	0.039	1503.0	0.037	1507.0	0.025
364	1529.0	0.097	1512.8	0.050	1544.4	0.184	1546.3	0.229	1505.1	0.024	1546.6	0.218	1546.6	0.220	1536.5	0.150	1546.3	0.210
365	1537.2	0.128	1543.9	0.194	1568.3	0.497	1562.4	0.375	1538.9	0.164	1568.3	0.485	1568.3	0.465	1564.5	0.429	1565.8	0.435
366	1472.2	0.001	1475.7	0.004	1501.4	0.027	1500.8	0.019	1461.3	0.000	1499.7	0.015	1501.3	0.011	1501.4	0.027	1496.7	0.011
367	1570.4	0.503	1558.9	0.348	1590.6	0.798	1589.9	0.755	1578.8	0.637	1594.6	0.808	1594.6	0.820	1591.8	0.797	1592.6	0.823
368	1557.6	0.330	1546.6	0.232	1569.7	0.473	1561.1	0.361	1537.5	0.134	1572.7	0.565	1572.7	0.551	1572.7	0.562	1569.9	0.485
369	1574.7	0.552	1552.1	0.294	1588.4	0.765	1590.7	0.794	1566.2	0.450	1589.6	0.728	1590.7	0.772	1582.1	0.676	1583.0	0.691
370	1599.2	0.852	1591.9	0.798	1610.8	0.962	1614.3	0.974	1598.2	0.859	1617.1	0.979	1613.2	0.970	1613.1	0.978	1616.1	0.979
371	1580.9	0.668	1567.4	0.465	1593.7	0.828	1596.1	0.812	1585.1	0.703	1593.1	0.823	1589.5	0.749	1596.9	0.827	1595.9	0.819
372	1585.9	0.706	1590.9	0.773	1627.4	1.000	1626.2	0.995	1602.5	0.869	1622.2	0.990	1620.2	0.988	1627.0	0.999	1624.1	0.987
373	1589.1	0.756	1570.1	0.514	1598.2	0.835	1605.4	0.941	1597.5	0.838	1605.6	0.912	1604.7	0.914	1598.6	0.838	1599.9	0.863
374	1536.8	0.131	1545.9	0.221	1565.9	0.446	1565.9	0.424	1539.4	0.170	1565.4	0.431	1565.9	0.440	1562.1	0.396	1560.7	0.389
375	1555.3	0.317	1547.0	0.229	1573.0	0.530	1572.3	0.545	1546.3	0.226	1567.8	0.441	1567.4	0.472	1572.4	0.541	1572.4	0.541
376	1562.9	0.413	1559.0	0.343	1582.6	0.676	1582.6	0.705	1526.8	0.096	1582.6	0.680	1581.3	0.662	1579.8	0.636	1582.6	0.673
377	1549.7	0.252	1543.5	0.184	1563.9	0.417	1560.3	0.382	1544.4	0.208	1556.1	0.358	1565.2	0.419	1558.6	0.332	1562.8	0.387
378	1496.6	0.009	1514.0	0.048	1534.2	0.156	1534.7	0.130	1513.9	0.044	1540.6	0.159	1540.4	0.153	1537.7	0.147	1540.4	0.163
379	1580.7	0.656	1579.6	0.643	1593.2	0.836	1592.9	0.795	1558.4	0.375	1590.5	0.771	1594.7	0.826	1592.2	0.799	1594.7	0.808
380	1585.7	0.704	1551.9	0.286	1604.6	0.917	1600.4	0.890	1583.8	0.673	1606.0	0.938	1605.7	0.918	1606.7	0.915	1602.2	0.883
381	1565.1	0.444	1564.2	0.400	1566.7	0.441	1571.8	0.560	1551.2	0.273	1566.7	0.432	1571.6	0.543	1570.5	0.513	1574.6	0.573
382	1567.9	0.472	1557.1	0.311	1577.9	0.603	1579.2	0.632	1553.8	0.271	1581.9	0.691	1581.5	0.669	1582.5	0.680	1582.5	0.668
383	1569.6	0.485	1579.1	0.634	1589.9	0.778	1589.9	0.754	1569.0	0.525	1579.5	0.634	1588.8	0.776	1581.5	0.661	1589.7	0.763
384	1538.2	0.156	1530.1	0.114	1556.9	0.324	1555.8	0.316	1537.9	0.147	1555.2	0.314	1557.4	0.348	1552.0	0.273	1553.3	0.275
385	1569.7	0.498	1567.1	0.459	1585.9	0.724	1589.2	0.759	1578.6	0.627	1588.3	0.739	1584.0	0.684	1587.8	0.746	1585.3	0.718
386	1518.5	0.053	1533.7	0.112	1557.4	0.327	1559.4	0.357	1541.9	0.179	1559.4	0.371	1557.5	0.382	1559.4	0.362	1558.1	0.321
387	1542.7	0.180	1535.6	0.127	1559.9	0.349	1567.9	0.483	1554.6	0.292	1569.2	0.514	1568.5	0.476	1566.3	0.441	1563.7	0.428
388	1545.3	0.188	1551.2	0.276	1566.6	0.436	1568.0	0.493	1534.2	0.104	1567.7	0.461	1568.2	0.353	1570.6	0.524	1570.6	0.515
389	1575.4	0.577	1555.8	0.303	1591.9	0.798	1587.9	0.755	1571.7	0.527	1587.4	0.756	1583.3	0.696	1591.9	0.811	1586.4	0.738
390	1557.3	0.327	1551.6	0.289	1584.5	0.711	1580.1	0.636	1543.6	0.215	1584.5	0.710	1582.3	0.696	1584.5	0.667	1578.5	0.608
391	1532.5	0.107	1543.7	0.178	1561.4	0.362	1565.4	0.417	1548.6	0.230	1562.7	0.407	1563.6	0.412	1563.3	0.415	1565.6	0.445
392	1505.1	0.025	1476.3	0.002	1521.1	0.067	1518.3	0.052	1499.7	0.014	1521.8	0.077	1521.1	0.043	1515.6	0.045	1518.7	0.066
393	1530.5	0.109	1524.9	0.090	1544.6	0.206	1549.0	0.229	1543.1	0.198	1550.9	0.275	1550.9	0.251	1550.9	0.259	1550.5	0.266
394	1594.6	0.811	1579.8	0.668	1607.9	0.949	1604.4	0.892	1600.2	0.860	1609.1	0.953	1609.1	0.956	1609.1	0.948	1609.1	0.961
395	1598.7	0.868	1570.6	0.515	1613.3	0.976	1608.0	0.948	1605.5	0.923	1610.2	0.973	1606.6	0.924	1613.3	0.978	1608.0	0.936
396	1560.2	0.345	1550.9	0.270	1576.6	0.609	1580.2	0.636	1555.2	0.323	1578.4	0.630	1581.1	0.665	1573.8	0.546	1572.3	0.542
397	1535.5	0.121	1516.7	0.057	1562.7	0.394	1556.9	0.331	1551.5	0.300	1563.2	0.393	1564.9	0.415	1558.4	0.325	1548.5	0.254
398	1541.6	0.184	1542.9	0.192	1571.6	0.536	1570.7	0.499	1564.0	0.424	1571.6	0.533	1571.6	0.531	1568.2	0.472	1571.6	0.557
399	1565.7	0.441	1567.4	0.461	1586.0	0.717	1585.0	0.713	1565.1	0.403	1584.8	0.703	1588.2	0.753	1583.0	0.683	1582.5	0.669
400	1558.3	0.347	1568.4	0.473	1579.0	0.631	1579.7	0.634	1578.3	0.617	1579.7	0.661	1579.7	0.669	1574.9	0.553	1576.6	0.579

SImi	g10		g11		g12		g13		g14		g15		g16		g17		g18	
	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval	AICc	Pval
357	1600.2	0.867	1202.5	0.000	1574.1	0.803	1571.3	0.786	1563.8	0.685	1550.8	0.535	1582.4	0.897	1579.9	0.868	1580.6	0.875
358	1521.9	0.068	1037.0	0.000	1486.5	0.028	1505.7	0.110	1503.3	0.091	1511.9	0.135	1508.6	0.134	1493.7	0.060	1492.9	0.045
359	1565.9	0.442	1081.9	0.000	1543.7	0.434	1553.2	0.589	1533.3	0.329	1535.9	0.336	1555.1	0.578	1527.3	0.244	1531.3	0.328
360	1607.2	0.936	1213.0	0.000	1583.4	0.884	1589.0	0.934	1571.7	0.798	1577.0	0.840	1586.8	0.928	1588.5	0.947	1586.2	0.913
361	1588.5	0.777	1032.7	0.000	1568.0	0.746	1570.2	0.780	1555.4	0.604	1556.2	0.601	1576.3	0.849	1554.1	0.559	1550.5	0.503
362	1580.1	0.664	1017.3	0.000	1560.0	0.646	1560.5	0.646	1540.4	0.417	1538.2	0.339	1560.9	0.673	1537.1	0.366	1539.5	0.365
363	1508.9	0.025	1026.7	0.000	1486.8	0.041	1471.0	0.011	1476.0	0.016	1483.2	0.019	1500.6	0.083	1467.1	0.008	1485.3	0.022
364	1546.6	0.208	1045.4	0.000	1521.3	0.198	1519.7	0.180	1499.2	0.074	1501.8	0.088	1529.3	0.293	1492.8	0.050	1505.4	0.089
365	1567.5	0.443	1080.0	0.000	1531.5	0.307	1523.9	0.239	1535.3	0.358	1517.9	0.168	1545.4	0.436	1527.1	0.232	1523.8	0.227
366	1495.2	0.007	1004.0	0.000	1468.2	0.010	1469.2	0.009	1468.3	0.010	1451.3	0.001	1492.4	0.047	1469.9	0.005	1453.1	0.003
367	1594.6	0.821	1079.9	0.000	1562.8	0.693	1560.7	0.682	1553.1	0.575	1548.0	0.473	1583.8	0.895	1569.1	0.760	1567.1	0.702
368	1570.6	0.532	1059.8	0.000	1549.4	0.510	1537.6	0.360	1533.9	0.348	1528.4	0.268	1546.1	0.433	1530.0	0.287	1528.2	0.290
369	1590.7	0.786	1074.3	0.000	1565.2	0.722	1561.0	0.648	1543.8	0.452	1549.4	0.499	1593.2	0.895	1556.1	0.611	1551.4	0.524
370	1605.8	0.923	1080.8	0.000	1584.1	0.916	1576.3	0.824	1587.6	0.919	1586.8	0.924	1598.9	0.989	1596.1	0.977	1585.2	0.907
371	1590.3	0.784	1156.7	0.000	1572.7	0.785	1573.2	0.803	1559.9	0.637	1557.1	0.658	1580.2	0.870	1576.2	0.841	1568.2	0.749
372	1623.9	0.989	1079.7	0.000	1576.2	0.824	1569.8	0.760	1564.5	0.723	1585.2	0.902	1604.5	0.988	1579.6	0.874	1596.0	0.980
373	1602.6	0.896	1140.7	0.000	1578.8	0.856	1579.6	0.892	1559.5	0.650	1573.1	0.800	1588.3	0.931	1586.9	0.927	1588.6	0.932
374	1565.9	0.454	1074.5	0.000	1516.7	0.169	1534.2	0.332	1525.5	0.247	1527.7	0.258	1548.1	0.488	1521.3	0.207	1528.2	0.253
375	1572.4	0.551	1069.3	0.000	1548.1	0.485	1539.7	0.405	1532.7	0.325	1517.0	0.181	1552.0	0.553	1544.0	0.433	1540.0	0.395
376	1582.6	0.692	990.8	0.000	1552.1	0.546	1554.1	0.572	1550.5	0.520	1550.1	0.555	1576.1	0.822	1522.8	0.216	1519.4	0.182
377	1564.5	0.425	1118.1	0.000	1535.0	0.334	1533.4	0.325	1525.4	0.232	1538.9	0.385	1554.0	0.537	1527.6	0.263	1531.9	0.299
378	1530.7	0.102	1060.6	0.000	1468.6	0.009	1477.7	0.017	1499.5	0.078	1498.4	0.054	1506.4	0.107	1506.9	0.110	1500.1	0.077
379	1590.5	0.781	1063.3	0.000	1563.6	0.675	1550.1	0.517	1564.1	0.693	1574.0	0.813	1581.0	0.886	1539.8	0.389	1549.2	0.485
380	1605.0	0.907	1108.8	0.000	1575.2	0.815	1570.8	0.762	1566.7	0.599	1531.5	0.328	1595.4	0.975	1582.1	0.905	1570.7	0.761
381	1570.5	0.517	1127.0	0.000	1529.1	0.295	1549.1	0.520	1547.0	0.459	1558.9	0.644	1556.2	0.588	1529.4	0.287	1544.9	0.472
382	1581.2	0.655	1085.0	0.000	1567.1	0.688	1555.6	0.584	1550.6	0.539	1541.8	0.405	1568.8	0.762	1545.3	0.429	1528.3	0.269
383	1582.3	0.661	1095.2	0.000	1556.3	0.632	1561.2	0.673	1565.0	0.685	1571.9	0.790	1578.3	0.847	1550.2	0.502	1557.0	0.604
384	1555.8	0.307	1052.7	0.000	1525.7	0.240	1522.3	0.220	1513.7	0.143	1520.8	0.163	1547.3	0.506	1519.7	0.193	1513.2	0.142
385	1584.1	0.720	1092.1	0.000	1543.6	0.420	1561.1	0.658	1548.4	0.505	1558.5	0.650	1567.4	0.718	1565.7	0.710	1560.1	0.646
386	1559.4	0.338	1059.5	0.000	1512.5	0.136	1513.4	0.152	1538.5	0.380	1524.4	0.250	1546.5	0.467	1527.3	0.243	1523.8	0.235
387	1566.0	0.445	1036.1	0.000	1527.3	0.241	1546.7	0.481	1515.6	0.156	1521.2	0.202	1537.9	0.367	1542.4	0.391	1544.2	0.450
388	1559.4	0.354	972.5	0.000	1513.9	0.167	1524.3	0.215	1546.3	0.485	1543.9	0.437	1540.2	0.379	1521.1	0.189	1519.9	0.202
389	1582.8	0.692	1141.8	0.000	1549.8	0.532	1551.8	0.544	1543.9	0.439	1533.4	0.318	1568.5	0.741	1554.8	0.573	1552.2	0.552
390	1581.7	0.638	1042.4	0.000	1549.4	0.514	1533.1	0.326	1541.3	0.425	1530.3	0.302	1562.4	0.659	1535.4	0.356	1527.4	0.264
391	1562.2	0.377	1034.1	0.000	1517.2	0.157	1520.1	0.160	1534.0	0.347	1538.7	0.372	1552.3	0.553	1537.6	0.376	1541.8	0.417
392	1519.1	0.080	1068.4	0.000	1484.9	0.020	1475.7	0.014	1456.5	0.000	1457.9	0.001	1506.4	0.101	1491.8	0.041	1487.6	0.037
393	1550.1	0.246	1121.0	0.000	1512.9	0.134	1526.8	0.234	1502.2	0.080	1502.1	0.080	1530.2	0.310	1535.5	0.346	1534.5	0.332
394	1604.9	0.911	1126.7	0.000	1578.6	0.844	1578.3	0.861	1573.4	0.784	1570.5	0.773	1585.3	0.919	1584.9	0.914	1590.8	0.936
395	1611.7	0.965	1122.9	0.000	1581.4	0.875	1576.2	0.842	1567.7	0.766	1545.3	0.448	1596.1	0.978	1583.2	0.898	1581.7	0.894
396	1577.7	0.647	1087.4	0.000	1555.3	0.596	1550.7	0.525	1542.3	0.441	1537.2	0.363	1568.6	0.755	1551.5	0.521	1551.3	0.523
397	1564.9	0.434	1057.2	0.000	1520.8	0.178	1523.8	0.223	1503.8	0.098	1504.2	0.108	1552.6	0.558	1530.0	0.303	1539.5	0.366
398	1570.2	0.463	1058.0	0.000	1542.9	0.411	1535.1	0.340	1535.1	0.350	1542.5	0.423	1562.2	0.656	1539.6	0.398	1547.6	0.495
399	1583.6	0.714	1055.3	0.000	1549.2	0.509	1560.0	0.655	1552.2	0.521	1539.7	0.359	1567.2	0.731	1516.4	0.176	1549.2	0.485
400	1577.4	0.616	1130.9	0.000	1549.1	0.510	1549.3	0.496	1555.3	0.617	1552.8	0.557	1571.9	0.801	1558.5	0.614	1565.5	0.718

SImi	g19			g20			g21			g22			g23			g24			g25			g26		
	AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval		AICc	Pval	
357	1589.0	0.921	1585.8	0.898	1112.9	0.376	1118.5	0.361	1511.5	0.926	1502.6	0.835	1512.3	0.923	987.6	0.910								
358	1498.1	0.061	1509.9	0.116	1003.2	0.073	1024.3	0.119	1418.5	0.426	1439.5	0.484	1419.1	0.413	875.4	0.180								
359	1559.0	0.640	1540.3	0.385	1027.5	0.136	1068.1	0.285	1487.4	0.721	1477.7	0.648	1456.5	0.557	957.9	0.740								
360	1593.7	0.962	1592.5	0.949	1187.1	0.420	1173.4	0.398	1499.1	0.826	1488.5	0.754	1540.0	0.991	1051.9	0.980								
361	1578.9	0.862	1572.4	0.787	997.9	0.063	1026.2	0.118	1483.6	0.690	1501.7	0.824	1474.9	0.672	848.7	0.060								
362	1579.8	0.875	1569.6	0.752	989.4	0.057	981.1	0.026	1487.6	0.728	1475.1	0.617	1478.5	0.670	879.6	0.210								
363	1498.6	0.068	1497.6	0.057	984.5	0.021	986.7	0.038	1451.8	0.504	1409.5	0.409	1400.1	0.425	871.1	0.160								
364	1542.2	0.414	1527.5	0.255	1017.3	0.104	1029.7	0.137	1457.5	0.556	1452.8	0.527	1450.3	0.511	933.0	0.560								
365	1558.5	0.631	1548.3	0.504	1039.3	0.174	1046.7	0.198	1457.9	0.529	1465.3	0.603	1448.0	0.522	957.7	0.730								
366	1487.2	0.021	1485.7	0.023	957.3	0.016	961.1	0.016	1430.6	0.462	1395.4	0.409	1399.8	0.375	832.6	0.030								
367	1586.7	0.924	1581.0	0.890	1021.0	0.106	1018.3	0.095	1508.6	0.902	1516.7	0.949	1509.5	0.894	867.2	0.140								
368	1564.9	0.707	1554.9	0.590	1026.5	0.115	998.2	0.044	1482.2	0.690	1472.6	0.638	1478.8	0.691	860.5	0.110								
369	1577.6	0.853	1572.6	0.806	1056.3	0.229	1048.9	0.204	1525.7	0.972	1501.7	0.820	1510.7	0.919	949.3	0.680								
370	1600.6	0.981	1602.4	0.992	1071.2	0.260	1069.7	0.291	1529.0	0.979	1554.0	0.996	1533.1	0.984	959.2	0.750								
371	1574.9	0.815	1579.4	0.851	1119.1	0.367	1148.3	0.396	1522.8	0.968	1500.1	0.828	1510.5	0.907	1017.1	0.940								
372	1597.1	0.983	1612.9	0.999	1039.6	0.185	1038.8	0.188	1484.3	0.691	1486.9	0.741	1525.8	0.970	948.2	0.660								
373	1587.4	0.922	1589.2	0.936	1111.7	0.350	1102.7	0.340	1510.1	0.901	1515.1	0.938	1535.7	0.985	1015.0	0.940								
374	1555.7	0.589	1548.1	0.481	1024.0	0.123	1061.7	0.241	1447.5	0.511	1459.1	0.553	1477.6	0.684	930.4	0.550								
375	1557.5	0.607	1569.4	0.751	1053.8	0.222	1032.9	0.150	1489.9	0.761	1444.9	0.505	1487.8	0.753	939.8	0.590								
376	1577.2	0.841	1571.5	0.772	943.8	0.009	953.6	0.013	1510.8	0.904	1472.4	0.609	1444.8	0.511	857.6	0.100								
377	1549.7	0.501	1539.9	0.404	1087.6	0.292	1087.0	0.317	1487.5	0.738	1488.4	0.756	1454.0	0.542	930.2	0.540								
378	1529.5	0.272	1517.8	0.181	1035.8	0.170	1041.3	0.169	1382.5	0.409	1453.4	0.521	1442.9	0.493	902.6	0.290								
379	1579.1	0.860	1581.0	0.874	1047.3	0.216	1053.7	0.198	1506.1	0.858	1520.4	0.956	1488.5	0.764	953.4	0.700								
380	1594.8	0.959	1581.4	0.889	1112.8	0.358	1099.6	0.361	1516.5	0.948	1483.6	0.678	1506.0	0.898	1008.4	0.920								
381	1556.3	0.596	1553.2	0.563	1075.3	0.296	1089.0	0.326	1475.8	0.663	1509.8	0.910	1444.0	0.466	920.7	0.470								
382	1571.6	0.797	1575.9	0.830	1061.4	0.221	1031.8	0.146	1498.4	0.806	1507.6	0.889	1481.5	0.688	931.8	0.560								
383	1567.3	0.734	1568.9	0.805	1050.9	0.206	1070.5	0.278	1475.1	0.630	1519.4	0.955	1477.1	0.659	910.9	0.370								
384	1541.1	0.393	1525.0	0.255	1016.5	0.078	995.7	0.052	1488.2	0.761	1457.1	0.544	1421.2	0.423	850.2	0.070								
385	1564.4	0.706	1566.5	0.708	1070.9	0.291	1045.0	0.200	1480.5	0.676	1503.0	0.856	1495.0	0.776	965.2	0.810								
386	1552.4	0.532	1547.0	0.478	1046.2	0.200	1015.1	0.080	1489.6	0.750	1466.2	0.585	1474.0	0.626	913.5	0.400								
387	1555.8	0.613	1551.1	0.509	990.6	0.045	1014.1	0.086	1488.8	0.749	1455.3	0.544	1482.8	0.683	865.0	0.130								
388	1534.0	0.335	1541.5	0.409	922.1	0.000	942.3	0.006	1413.0	0.406	1465.3	0.594	1415.4	0.458	819.8	0.020								
389	1569.8	0.748	1568.8	0.771	1128.8	0.393	1078.3	0.308	1489.5	0.756	1475.8	0.643	1504.8	0.862	965.1	0.800								
390	1568.5	0.728	1567.6	0.732	1021.6	0.106	990.5	0.040	1466.5	0.581	1452.9	0.514	1472.9	0.642	902.8	0.300								
391	1549.4	0.494	1554.3	0.582	991.8	0.059	986.9	0.029	1454.0	0.540	1503.0	0.839	1500.9	0.835	869.7	0.150								
392	1508.7	0.107	1503.7	0.098	1030.6	0.140	1027.1	0.131	1423.9	0.432	1374.2	0.377	1432.3	0.449	864.0	0.120								
393	1545.8	0.478	1542.7	0.408	1065.4	0.282	1099.5	0.358	1462.5	0.539	1438.6	0.485	1492.1	0.786	954.9	0.710								
394	1592.8	0.958	1597.3	0.981	1113.4	0.350	1100.3	0.345	1490.5	0.773	1517.3	0.958	1504.2	0.859	975.5	0.860								
395	1591.7	0.964	1595.0	0.957	1093.3	0.325	1058.7	0.246	1524.7	0.966	1484.6	0.726	1514.0	0.927	970.7	0.850								
396	1558.4	0.619	1561.9	0.640	1051.8	0.215	1043.9	0.198	1490.9	0.755	1478.5	0.682	1500.9	0.825	941.3	0.600								
397	1559.5	0.635	1545.7	0.456	1035.8	0.167	1022.4	0.115	1480.6	0.671	1431.5	0.464	1485.8	0.718	946.9	0.650								
398	1563.8	0.699	1555.1	0.595	1018.6	0.105	1021.8	0.121	1474.6	0.634	1478.2	0.656	1445.2	0.499	893.8	0.260								
399	1577.1	0.849	1567.2	0.751	1023.2	0.107	1011.4	0.072	1496.8	0.813	1488.1	0.747	1464.3	0.581	917.1	0.430								
400	1570.9	0.792	1560.2	0.643	1143.0	0.385	1129.7	0.390	1500.7	0.837	1509.0	0.896	1492.9	0.777	1029.0	0.960								

### 부록3 - 사례 분석 결과

- 유전자 집합 : 이요인 = g1~g45  
삼요인 = g46~g165  
사요인 = g166~g375  
오요인 = g376~g627
- c : 동시에 고려하는 유전자의 수(요인수)
- SNP : [표 2] 참조
- AICc : 수정된 Akaike 정보 기준
- Pval : 수정되지 않은 유의확률

c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
2	1	(1,2)	2968.4	0.632	3	53	(1,2,10)	2965.6	0.408
2	2	(1,3)	2967.9	0.644	3	54	(1,3,4)	2945.5	0.232
2	3	(1,4)	2945.1	0.572	3	55	(1,3,5)	2925.0	0.024
2	4	(1,5)	2967.5	0.609	3	56	(1,3,6)	2964.8	0.376
2	5	(1,6)	2969.4	0.649	3	57	(1,3,7)	2961.1	0.375
2	6	(1,7)	2963.5	0.599	3	58	(1,3,8)	2988.5	0.572
2	7	(1,8)	2970.6	0.719	3	59	(1,3,9)	2985.1	0.587
2	8	(1,9)	2936.4	0.059	3	60	(1,3,10)	2990.7	0.597
2	9	(1,10)	2969.2	0.669	3	61	(1,4,5)	2989.0	0.574
2	10	(2,3)	2997.6	0.769	3	62	(1,4,6)	2967.9	0.488
2	11	(2,4)	2945.1	0.578	3	63	(1,4,7)	2991.6	0.625
2	12	(2,5)	2971.1	0.735	3	64	(1,4,8)	2934.0	0.135
2	13	(2,6)	2945.1	0.571	3	65	(1,4,9)	2920.2	0.013
2	14	(2,7)	2967.0	0.613	3	66	(1,4,10)	2998.7	0.770
2	15	(2,8)	2945.1	0.592	3	67	(1,5,6)	2931.0	0.072
2	16	(2,9)	2937.5	0.079	3	68	(1,5,7)	2948.1	0.224
2	17	(2,10)	2945.1	0.591	3	69	(1,5,8)	2990.6	0.603
2	18	(3,4)	3000.1	0.817	3	70	(1,5,9)	3008.2	0.908
2	19	(3,5)	2934.7	0.020	3	71	(1,5,10)	2932.6	0.110
2	20	(3,6)	2968.3	0.644	3	72	(1,6,7)	2989.7	0.579
2	21	(3,7)	2936.1	0.055	3	73	(1,6,8)	3000.0	0.794
2	22	(3,8)	2945.1	0.575	3	74	(1,6,9)	3018.9	0.931
2	23	(3,9)	2998.8	0.812	3	75	(1,6,10)	2972.1	0.540
2	24	(3,10)	2994.8	0.764	3	76	(1,7,8)	2995.7	0.704
2	25	(4,5)	3026.4	1.000	3	77	(1,7,9)	2956.0	0.292
2	26	(4,6)	2945.1	0.549	3	78	(1,7,10)	2958.3	0.296
2	27	(4,7)	2945.1	0.591	3	79	(1,8,9)	2931.1	0.077
2	28	(4,8)	2945.1	0.587	3	80	(1,8,10)	2992.4	0.635
2	29	(4,9)	2938.9	0.135	3	81	(1,9,10)	2997.1	0.751
2	30	(4,10)	2945.1	0.581	3	82	(2,3,4)	3009.2	0.889
2	31	(5,6)	2969.1	0.649	3	83	(2,3,5)	2985.9	0.579
2	32	(5,7)	2936.4	0.059	3	84	(2,3,6)	2955.1	0.251
2	33	(5,8)	2938.4	0.114	3	85	(2,3,7)	2941.5	0.185
2	34	(5,9)	3005.2	0.958	3	86	(2,3,8)	2952.0	0.245
2	35	(5,10)	2937.3	0.063	3	87	(2,3,9)	2959.8	0.299
2	36	(6,7)	2970.9	0.706	3	88	(2,3,10)	2953.7	0.252
2	37	(6,8)	2939.2	0.142	3	89	(2,4,5)	2993.0	0.625
2	38	(6,9)	2970.1	0.717	3	90	(2,4,6)	2964.5	0.396
2	39	(6,10)	2945.1	0.623	3	91	(2,4,7)	2964.5	0.394
2	40	(7,8)	2967.5	0.608	3	92	(2,4,8)	3002.6	0.856
2	41	(7,9)	2935.5	0.034	3	93	(2,4,9)	3019.3	0.939
2	42	(7,10)	2968.9	0.660	3	94	(2,4,10)	2933.1	0.138
2	43	(8,9)	2939.8	0.157	3	95	(2,5,6)	2967.0	0.453
2	44	(8,10)	2970.5	0.726	3	96	(2,5,7)	2990.4	0.605
2	45	(9,10)	3001.9	0.868	3	97	(2,5,8)	2996.7	0.751
3	46	(1,2,3)	3019.7	0.932	3	98	(2,5,9)	2991.9	0.598
3	47	(1,2,4)	2965.8	0.424	3	99	(2,5,10)	3000.3	0.770
3	48	(1,2,5)	2997.2	0.726	3	100	(2,6,7)	2932.7	0.107
3	49	(1,2,6)	2995.2	0.708	3	101	(2,6,8)	3002.1	0.826
3	50	(1,2,7)	2984.8	0.566	3	102	(2,6,9)	2999.9	0.796
3	51	(1,2,8)	2970.5	0.520	3	103	(2,6,10)	3005.0	0.882
3	52	(1,2,9)	2961.7	0.345	3	104	(2,7,8)	2958.8	0.319

c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
3	105	(2,7,9)	2926.2	0.012	3	157	(6,7,9)	2996.7	0.744
3	106	(2,7,10)	2964.6	0.343	3	158	(6,7,10)	2967.5	0.458
3	107	(2,8,9)	2996.6	0.723	3	159	(6,8,9)	2952.2	0.234
3	108	(2,8,10)	2937.0	0.190	3	160	(6,8,10)	2931.5	0.086
3	109	(2,9,10)	2997.9	0.740	3	161	(6,9,10)	2967.4	0.438
3	110	(3,4,5)	2933.1	0.129	3	162	(7,8,9)	2926.2	0.022
3	111	(3,4,6)	2912.2	0.000	3	163	(7,8,10)	2930.3	0.062
3	112	(3,4,7)	2911.6	0.000	3	164	(7,9,10)	2933.0	0.133
3	113	(3,4,8)	2922.5	0.020	3	165	(8,9,10)	2993.3	0.626
3	114	(3,4,9)	2987.1	0.548	4	166	(1,2,3,4)	2913.5	0.061
3	115	(3,4,10)	2915.6	0.007	4	167	(1,2,3,5)	2952.7	0.346
3	116	(3,5,6)	2926.5	0.025	4	168	(1,2,3,6)	2920.4	0.083
3	117	(3,5,7)	2946.2	0.244	4	169	(1,2,3,7)	2957.1	0.381
3	118	(3,5,8)	2963.8	0.376	4	170	(1,2,3,8)	2968.9	0.541
3	119	(3,5,9)	2945.5	0.234	4	171	(1,2,3,9)	2960.2	0.425
3	120	(3,5,10)	2926.7	0.026	4	172	(1,2,3,10)	3001.7	0.821
3	121	(3,6,7)	2994.1	0.648	4	173	(1,2,4,5)	2962.9	0.472
3	122	(3,6,8)	2964.1	0.396	4	174	(1,2,4,6)	2969.2	0.527
3	123	(3,6,9)	2956.0	0.264	4	175	(1,2,4,7)	2971.0	0.569
3	124	(3,6,10)	2999.8	0.824	4	176	(1,2,4,8)	3014.5	0.922
3	125	(3,7,8)	2932.4	0.121	4	177	(1,2,4,9)	2956.4	0.398
3	126	(3,7,9)	2964.2	0.380	4	178	(1,2,4,10)	3000.8	0.805
3	127	(3,7,10)	2931.4	0.092	4	179	(1,2,5,6)	2964.9	0.474
3	128	(3,8,9)	2962.8	0.388	4	180	(1,2,5,7)	2947.0	0.273
3	129	(3,8,10)	2993.5	0.644	4	181	(1,2,5,8)	2975.7	0.625
3	130	(3,9,10)	2931.6	0.089	4	182	(1,2,5,9)	2942.0	0.255
3	131	(4,5,6)	2953.3	0.243	4	183	(1,2,5,10)	2941.7	0.253
3	132	(4,5,7)	2987.8	0.583	4	184	(1,2,6,7)	2976.2	0.624
3	133	(4,5,8)	2960.4	0.301	4	185	(1,2,6,8)	2993.8	0.760
3	134	(4,5,9)	2940.4	0.189	4	186	(1,2,6,9)	2967.9	0.554
3	135	(4,5,10)	3015.8	0.897	4	187	(1,2,6,10)	3015.4	0.952
3	136	(4,6,7)	2964.8	0.409	4	188	(1,2,7,8)	2965.2	0.508
3	137	(4,6,8)	2999.3	0.773	4	189	(1,2,7,9)	2992.4	0.757
3	138	(4,6,9)	2953.8	0.279	4	190	(1,2,7,10)	2972.5	0.563
3	139	(4,6,10)	3004.5	0.882	4	191	(1,2,8,9)	2979.1	0.656
3	140	(4,7,8)	2959.9	0.295	4	192	(1,2,8,10)	3016.2	0.937
3	141	(4,7,9)	3017.5	0.935	4	193	(1,2,9,10)	2983.4	0.696
3	142	(4,7,10)	2998.9	0.780	4	194	(1,3,4,5)	2936.5	0.184
3	143	(4,8,9)	3015.0	0.906	4	195	(1,3,4,6)	2962.0	0.446
3	144	(4,8,10)	2965.1	0.374	4	196	(1,3,4,7)	2949.4	0.331
3	145	(4,9,10)	2934.0	0.148	4	197	(1,3,4,8)	2947.6	0.295
3	146	(5,6,7)	3001.9	0.827	4	198	(1,3,4,9)	2950.7	0.310
3	147	(5,6,8)	2996.2	0.736	4	199	(1,3,4,10)	2924.0	0.086
3	148	(5,6,9)	2946.2	0.235	4	200	(1,3,5,6)	2954.2	0.350
3	149	(5,6,10)	3005.4	0.888	4	201	(1,3,5,7)	2889.2	0.003
3	150	(5,7,8)	2954.1	0.251	4	202	(1,3,5,8)	2995.7	0.797
3	151	(5,7,9)	2976.9	0.540	4	203	(1,3,5,9)	2939.9	0.208
3	152	(5,7,10)	2995.5	0.735	4	204	(1,3,5,10)	2994.3	0.794
3	153	(5,8,9)	3018.0	0.937	4	205	(1,3,6,7)	2935.4	0.163
3	154	(5,8,10)	2962.1	0.349	4	206	(1,3,6,8)	2970.4	0.578
3	155	(5,9,10)	2955.4	0.272	4	207	(1,3,6,9)	2966.7	0.503
3	156	(6,7,8)	2931.3	0.078	4	208	(1,3,6,10)	3042.6	1.000

c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
4	209	(1,3,7,8)	3011.0	0.918	4	261	(2,3,6,7)	3023.6	0.978
4	210	(1,3,7,9)	2956.7	0.386	4	262	(2,3,6,8)	2931.8	0.124
4	211	(1,3,7,10)	2907.3	0.031	4	263	(2,3,6,9)	3009.5	0.872
4	212	(1,3,8,9)	3027.8	0.983	4	264	(2,3,6,10)	2984.7	0.709
4	213	(1,3,8,10)	2958.7	0.391	4	265	(2,3,7,8)	2966.9	0.513
4	214	(1,3,9,10)	2973.1	0.595	4	266	(2,3,7,9)	2965.9	0.481
4	215	(1,4,5,6)	2953.1	0.332	4	267	(2,3,7,10)	3004.1	0.825
4	216	(1,4,5,7)	2927.6	0.102	4	268	(2,3,8,9)	2965.5	0.478
4	217	(1,4,5,8)	2948.9	0.288	4	269	(2,3,8,10)	3010.8	0.908
4	218	(1,4,5,9)	2947.3	0.294	4	270	(2,3,9,10)	2985.6	0.744
4	219	(1,4,5,10)	2877.8	0.000	4	271	(2,4,5,6)	2981.9	0.690
4	220	(1,4,6,7)	2941.3	0.249	4	272	(2,4,5,7)	2959.7	0.438
4	221	(1,4,6,8)	3001.3	0.810	4	273	(2,4,5,8)	2980.2	0.672
4	222	(1,4,6,9)	2978.3	0.661	4	274	(2,4,5,9)	2952.8	0.345
4	223	(1,4,6,10)	2949.6	0.353	4	275	(2,4,5,10)	2930.7	0.131
4	224	(1,4,7,8)	2974.2	0.604	4	276	(2,4,6,7)	2981.6	0.675
4	225	(1,4,7,9)	2986.7	0.732	4	277	(2,4,6,8)	2905.5	0.019
4	226	(1,4,7,10)	2926.1	0.108	4	278	(2,4,6,9)	2931.0	0.134
4	227	(1,4,8,9)	2945.9	0.285	4	279	(2,4,6,10)	2984.1	0.722
4	228	(1,4,8,10)	2929.3	0.135	4	280	(2,4,7,8)	2975.1	0.604
4	229	(1,4,9,10)	2969.4	0.517	4	281	(2,4,7,9)	2954.5	0.331
4	230	(1,5,6,7)	3030.2	0.988	4	282	(2,4,7,10)	2904.6	0.025
4	231	(1,5,6,8)	3005.7	0.860	4	283	(2,4,8,9)	2921.7	0.094
4	232	(1,5,6,9)	2954.8	0.374	4	284	(2,4,8,10)	3014.1	0.921
4	233	(1,5,6,10)	3022.0	0.966	4	285	(2,4,9,10)	2938.7	0.214
4	234	(1,5,7,8)	2956.0	0.383	4	286	(2,5,6,7)	2933.6	0.160
4	235	(1,5,7,9)	2940.2	0.206	4	287	(2,5,6,8)	2973.8	0.616
4	236	(1,5,7,10)	2937.9	0.184	4	288	(2,5,6,9)	2965.1	0.492
4	237	(1,5,8,9)	2947.6	0.315	4	289	(2,5,6,10)	2992.2	0.790
4	238	(1,5,8,10)	2978.1	0.636	4	290	(2,5,7,8)	2915.5	0.078
4	239	(1,5,9,10)	2999.6	0.796	4	291	(2,5,7,9)	2919.8	0.076
4	240	(1,6,7,8)	3028.5	0.984	4	292	(2,5,7,10)	3007.2	0.855
4	241	(1,6,7,9)	3024.9	0.980	4	293	(2,5,8,9)	2959.9	0.416
4	242	(1,6,7,10)	2990.0	0.786	4	294	(2,5,8,10)	2916.8	0.070
4	243	(1,6,8,9)	2995.5	0.775	4	295	(2,5,9,10)	2978.8	0.626
4	244	(1,6,8,10)	2986.6	0.717	4	296	(2,6,7,8)	2999.1	0.816
4	245	(1,6,9,10)	2943.3	0.249	4	297	(2,6,7,9)	2983.4	0.685
4	246	(1,7,8,9)	2950.8	0.337	4	298	(2,6,7,10)	2931.5	0.132
4	247	(1,7,8,10)	2906.2	0.024	4	299	(2,6,8,9)	2935.9	0.179
4	248	(1,7,9,10)	2998.4	0.815	4	300	(2,6,8,10)	3015.2	0.923
4	249	(1,8,9,10)	3008.3	0.878	4	301	(2,6,9,10)	2989.5	0.767
4	250	(2,3,4,5)	2938.5	0.193	4	302	(2,7,8,9)	2975.9	0.626
4	251	(2,3,4,6)	2957.6	0.369	4	303	(2,7,8,10)	2989.0	0.752
4	252	(2,3,4,7)	2957.0	0.389	4	304	(2,7,9,10)	2976.8	0.638
4	253	(2,3,4,8)	2923.8	0.080	4	305	(2,8,9,10)	2922.4	0.091
4	254	(2,3,4,9)	2939.9	0.198	4	306	(3,4,5,6)	2908.5	0.025
4	255	(2,3,4,10)	2965.5	0.476	4	307	(3,4,5,7)	2936.6	0.193
4	256	(2,3,5,6)	2977.3	0.673	4	308	(3,4,5,8)	2920.1	0.091
4	257	(2,3,5,7)	2907.9	0.024	4	309	(3,4,5,9)	3000.5	0.814
4	258	(2,3,5,8)	2960.8	0.434	4	310	(3,4,5,10)	2910.4	0.039
4	259	(2,3,5,9)	2948.5	0.292	4	311	(3,4,6,7)	2972.8	0.564
4	260	(2,3,5,10)	2933.1	0.152	4	312	(3,4,6,8)	2897.7	0.018

c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
4	313	(3,4,6,9)	2893.6	0.008	4	365	(5,6,8,10)	2979.4	0.638
4	314	(3,4,6,10)	3003.9	0.849	4	366	(5,6,9,10)	2972.4	0.565
4	315	(3,4,7,8)	2915.2	0.060	4	367	(5,7,8,9)	2940.0	0.223
4	316	(3,4,7,9)	2910.7	0.046	4	368	(5,7,8,10)	2999.8	0.806
4	317	(3,4,7,10)	2972.7	0.589	4	369	(5,7,9,10)	2961.5	0.434
4	318	(3,4,8,9)	2859.0	0.000	4	370	(5,8,9,10)	2994.2	0.773
4	319	(3,4,8,10)	2930.5	0.130	4	371	(6,7,8,9)	2974.2	0.597
4	320	(3,4,9,10)	2942.9	0.254	4	372	(6,7,8,10)	2984.5	0.729
4	321	(3,5,6,7)	2926.7	0.109	4	373	(6,7,9,10)	2987.0	0.726
4	322	(3,5,6,8)	2923.0	0.100	4	374	(6,8,9,10)	2976.3	0.645
4	323	(3,5,6,9)	2954.4	0.327	4	375	(7,8,9,10)	3002.6	0.832
4	324	(3,5,6,10)	2939.1	0.217	5	376	(1,2,3,4,5)	2848.4	0.034
4	325	(3,5,7,8)	3015.7	0.938	5	377	(1,2,3,4,6)	2895.2	0.304
4	326	(3,5,7,9)	2933.9	0.163	5	378	(1,2,3,4,7)	2880.4	0.162
4	327	(3,5,7,10)	2895.0	0.013	5	379	(1,2,3,4,8)	2888.6	0.233
4	328	(3,5,8,9)	2992.0	0.780	5	380	(1,2,3,4,9)	2874.7	0.140
4	329	(3,5,8,10)	3004.9	0.847	5	381	(1,2,3,4,10)	2907.5	0.451
4	330	(3,5,9,10)	2927.2	0.110	5	382	(1,2,3,5,6)	2882.2	0.188
4	331	(3,6,7,8)	2977.5	0.659	5	383	(1,2,3,5,7)	2887.1	0.238
4	332	(3,6,7,9)	2899.7	0.013	5	384	(1,2,3,5,8)	2871.2	0.124
4	333	(3,6,7,10)	2948.6	0.317	5	385	(1,2,3,5,9)	2865.9	0.104
4	334	(3,6,8,9)	2965.4	0.498	5	386	(1,2,3,5,10)	2917.9	0.592
4	335	(3,6,8,10)	2903.2	0.027	5	387	(1,2,3,6,7)	2908.0	0.457
4	336	(3,6,9,10)	2987.2	0.725	5	388	(1,2,3,6,8)	2927.2	0.726
4	337	(3,7,8,9)	2957.6	0.381	5	389	(1,2,3,6,9)	2911.7	0.551
4	338	(3,7,8,10)	2908.2	0.034	5	390	(1,2,3,6,10)	2941.1	0.859
4	339	(3,7,9,10)	2977.0	0.612	5	391	(1,2,3,7,8)	2895.9	0.313
4	340	(3,8,9,10)	2935.4	0.171	5	392	(1,2,3,7,9)	2895.4	0.327
4	341	(4,5,6,7)	2932.9	0.162	5	393	(1,2,3,7,10)	2922.0	0.670
4	342	(4,5,6,8)	2957.8	0.381	5	394	(1,2,3,8,9)	2884.6	0.201
4	343	(4,5,6,9)	3006.5	0.856	5	395	(1,2,3,8,10)	2912.5	0.542
4	344	(4,5,6,10)	2942.9	0.241	5	396	(1,2,3,9,10)	2917.6	0.601
4	345	(4,5,7,8)	2911.9	0.057	5	397	(1,2,4,5,6)	2906.0	0.455
4	346	(4,5,7,9)	2874.7	0.001	5	398	(1,2,4,5,7)	2883.4	0.205
4	347	(4,5,7,10)	2929.1	0.101	5	399	(1,2,4,5,8)	2896.8	0.323
4	348	(4,5,8,9)	2921.6	0.081	5	400	(1,2,4,5,9)	2859.3	0.065
4	349	(4,5,8,10)	2928.4	0.121	5	401	(1,2,4,5,10)	2912.2	0.515
4	350	(4,5,9,10)	3012.1	0.918	5	402	(1,2,4,6,7)	2917.6	0.614
4	351	(4,6,7,8)	2979.3	0.664	5	403	(1,2,4,6,8)	2929.2	0.768
4	352	(4,6,7,9)	2902.8	0.022	5	404	(1,2,4,6,9)	2902.7	0.394
4	353	(4,6,7,10)	3011.1	0.923	5	405	(1,2,4,6,10)	2938.3	0.842
4	354	(4,6,8,9)	3007.2	0.861	5	406	(1,2,4,7,8)	2901.3	0.347
4	355	(4,6,8,10)	2948.2	0.311	5	407	(1,2,4,7,9)	2891.3	0.281
4	356	(4,6,9,10)	3008.6	0.887	5	408	(1,2,4,7,10)	2898.0	0.336
4	357	(4,7,8,9)	2985.2	0.713	5	409	(1,2,4,8,9)	2958.7	0.923
4	358	(4,7,8,10)	2911.7	0.054	5	410	(1,2,4,8,10)	2997.2	0.969
4	359	(4,7,9,10)	2965.7	0.510	5	411	(1,2,4,9,10)	2892.9	0.266
4	360	(4,8,9,10)	2972.4	0.565	5	412	(1,2,5,6,7)	2900.3	0.360
4	361	(5,6,7,8)	2963.4	0.447	5	413	(1,2,5,6,8)	2920.6	0.632
4	362	(5,6,7,9)	2966.4	0.467	5	414	(1,2,5,6,9)	2884.5	0.201
4	363	(5,6,7,10)	2955.5	0.369	5	415	(1,2,5,6,10)	2936.1	0.831
4	364	(5,6,8,9)	2947.7	0.306	5	416	(1,2,5,7,8)	2886.6	0.221



c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
5	417	(1,2,5,7,9)	2868.6	0.108	5	469	(1,4,5,6,9)	2894.8	0.302
5	418	(1,2,5,7,10)	2906.2	0.444	5	470	(1,4,5,6,10)	2925.3	0.689
5	419	(1,2,5,8,9)	2856.5	0.045	5	471	(1,4,5,7,8)	2860.1	0.070
5	420	(1,2,5,8,10)	2882.6	0.190	5	472	(1,4,5,7,9)	2826.3	0.003
5	421	(1,2,5,9,10)	2914.6	0.544	5	473	(1,4,5,7,10)	2880.9	0.160
5	422	(1,2,6,7,8)	2928.7	0.740	5	474	(1,4,5,8,9)	2855.8	0.055
5	423	(1,2,6,7,9)	2928.5	0.742	5	475	(1,4,5,8,10)	2875.9	0.163
5	424	(1,2,6,7,10)	2882.5	0.187	5	476	(1,4,5,9,10)	2897.2	0.337
5	425	(1,2,6,8,9)	2915.8	0.591	5	477	(1,4,6,7,8)	2929.8	0.761
5	426	(1,2,6,8,10)	2961.6	0.909	5	478	(1,4,6,7,9)	2921.7	0.631
5	427	(1,2,6,9,10)	2938.3	0.831	5	479	(1,4,6,7,10)	2989.8	0.953
5	428	(1,2,7,8,9)	2859.5	0.059	5	480	(1,4,6,8,9)	2884.4	0.189
5	429	(1,2,7,8,10)	2929.9	0.776	5	481	(1,4,6,8,10)	2919.3	0.622
5	430	(1,2,7,9,10)	2935.9	0.802	5	482	(1,4,6,9,10)	2936.4	0.814
5	431	(1,2,8,9,10)	2938.9	0.830	5	483	(1,4,7,8,9)	2852.5	0.037
5	432	(1,3,4,5,6)	2855.1	0.052	5	484	(1,4,7,8,10)	2908.8	0.478
5	433	(1,3,4,5,7)	2850.1	0.028	5	485	(1,4,7,9,10)	2910.6	0.503
5	434	(1,3,4,5,8)	2839.1	0.022	5	486	(1,4,8,9,10)	2907.7	0.451
5	435	(1,3,4,5,9)	2830.6	0.013	5	487	(1,5,6,7,8)	2917.5	0.611
5	436	(1,3,4,5,10)	2886.8	0.236	5	488	(1,5,6,7,9)	2898.4	0.336
5	437	(1,3,4,6,7)	2891.6	0.262	5	489	(1,5,6,7,10)	3003.0	0.976
5	438	(1,3,4,6,8)	2890.9	0.235	5	490	(1,5,6,8,9)	2873.9	0.129
5	439	(1,3,4,6,9)	2904.5	0.425	5	491	(1,5,6,8,10)	2925.4	0.692
5	440	(1,3,4,6,10)	2883.2	0.207	5	492	(1,5,6,9,10)	2935.0	0.803
5	441	(1,3,4,7,8)	2862.5	0.073	5	493	(1,5,7,8,9)	2860.1	0.053
5	442	(1,3,4,7,9)	2881.2	0.170	5	494	(1,5,7,8,10)	2917.7	0.605
5	443	(1,3,4,7,10)	2904.5	0.439	5	495	(1,5,7,9,10)	2896.0	0.305
5	444	(1,3,4,8,9)	2953.4	0.919	5	496	(1,5,8,9,10)	2860.6	0.076
5	445	(1,3,4,8,10)	2876.3	0.129	5	497	(1,6,7,8,9)	2905.6	0.426
5	446	(1,3,4,9,10)	2879.5	0.192	5	498	(1,6,7,8,10)	2938.9	0.832
5	447	(1,3,5,6,7)	2892.8	0.286	5	499	(1,6,7,9,10)	2990.1	0.966
5	448	(1,3,5,6,8)	2902.3	0.374	5	500	(1,6,8,9,10)	2924.5	0.682
5	449	(1,3,5,6,9)	2861.3	0.071	5	501	(1,7,8,9,10)	2917.8	0.594
5	450	(1,3,5,6,10)	2923.4	0.629	5	502	(2,3,4,5,6)	2894.0	0.267
5	451	(1,3,5,7,8)	2867.2	0.083	5	503	(2,3,4,5,7)	2883.8	0.210
5	452	(1,3,5,7,9)	2855.5	0.060	5	504	(2,3,4,5,8)	2882.3	0.177
5	453	(1,3,5,7,10)	2915.8	0.562	5	505	(2,3,4,5,9)	2850.6	0.040
5	454	(1,3,5,8,9)	2844.2	0.022	5	506	(2,3,4,5,10)	2973.7	0.926
5	455	(1,3,5,8,10)	2981.6	0.929	5	507	(2,3,4,6,7)	2878.2	0.155
5	456	(1,3,5,9,10)	2879.4	0.167	5	508	(2,3,4,6,8)	2910.8	0.528
5	457	(1,3,6,7,8)	2923.1	0.642	5	509	(2,3,4,6,9)	2892.0	0.255
5	458	(1,3,6,7,9)	2896.3	0.324	5	510	(2,3,4,6,10)	2933.4	0.805
5	459	(1,3,6,7,10)	2942.8	0.877	5	511	(2,3,4,7,8)	2902.8	0.389
5	460	(1,3,6,8,9)	2891.8	0.255	5	512	(2,3,4,7,9)	2877.4	0.166
5	461	(1,3,6,8,10)	2914.8	0.535	5	513	(2,3,4,7,10)	2930.2	0.738
5	462	(1,3,6,9,10)	2932.0	0.780	5	514	(2,3,4,8,9)	2852.9	0.044
5	463	(1,3,7,8,9)	2863.3	0.084	5	515	(2,3,4,8,10)	2918.8	0.634
5	464	(1,3,7,8,10)	2908.5	0.451	5	516	(2,3,4,9,10)	2907.5	0.467
5	465	(1,3,7,9,10)	2920.9	0.612	5	517	(2,3,5,6,7)	2969.5	0.924
5	466	(1,3,8,9,10)	2895.9	0.321	5	518	(2,3,5,6,8)	2927.6	0.710
5	467	(1,4,5,6,7)	2838.8	0.017	5	519	(2,3,5,6,9)	2890.8	0.224
5	468	(1,4,5,6,8)	2885.6	0.200	5	520	(2,3,5,6,10)	2944.6	0.870

c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
5	521	(2,3,5,7,8)	2885.5	0.215	5	573	(3,4,5,6,8)	2889.5	0.252
5	522	(2,3,5,7,9)	2871.6	0.118	5	574	(3,4,5,6,9)	2860.8	0.050
5	523	(2,3,5,7,10)	2920.8	0.666	5	575	(3,4,5,6,10)	2873.5	0.121
5	524	(2,3,5,8,9)	2887.1	0.227	5	576	(3,4,5,7,8)	2867.0	0.098
5	525	(2,3,5,8,10)	2921.6	0.636	5	577	(3,4,5,7,9)	2821.6	0.009
5	526	(2,3,5,9,10)	2917.3	0.589	5	578	(3,4,5,7,10)	2867.4	0.087
5	527	(2,3,6,7,8)	2942.9	0.860	5	579	(3,4,5,8,9)	2818.2	0.003
5	528	(2,3,6,7,9)	2941.5	0.865	5	580	(3,4,5,8,10)	2904.3	0.421
5	529	(2,3,6,7,10)	2917.3	0.587	5	581	(3,4,5,9,10)	2874.8	0.132
5	530	(2,3,6,8,9)	2917.7	0.594	5	582	(3,4,6,7,8)	2924.1	0.656
5	531	(2,3,6,8,10)	2938.8	0.852	5	583	(3,4,6,7,9)	2873.9	0.135
5	532	(2,3,6,9,10)	2925.6	0.699	5	584	(3,4,6,7,10)	2943.5	0.877
5	533	(2,3,7,8,9)	2912.3	0.522	5	585	(3,4,6,8,9)	2879.9	0.143
5	534	(2,3,7,8,10)	2942.2	0.870	5	586	(3,4,6,8,10)	2939.1	0.856
5	535	(2,3,7,9,10)	2935.0	0.812	5	587	(3,4,6,9,10)	2926.0	0.731
5	536	(2,3,8,9,10)	2941.2	0.873	5	588	(3,4,7,8,9)	2850.6	0.041
5	537	(2,4,5,6,7)	2910.0	0.464	5	589	(3,4,7,8,10)	2922.5	0.641
5	538	(2,4,5,6,8)	2929.8	0.743	5	590	(3,4,7,9,10)	2926.0	0.737
5	539	(2,4,5,6,9)	2915.5	0.563	5	591	(3,4,8,9,10)	2853.7	0.054
5	540	(2,4,5,6,10)	2946.7	0.890	5	592	(3,5,6,7,8)	2907.5	0.447
5	541	(2,4,5,7,8)	2900.2	0.356	5	593	(3,5,6,7,9)	2942.2	0.874
5	542	(2,4,5,7,9)	2883.0	0.192	5	594	(3,5,6,7,10)	2943.9	0.863
5	543	(2,4,5,7,10)	2856.7	0.041	5	595	(3,5,6,8,9)	2876.0	0.152
5	544	(2,4,5,8,9)	2836.3	0.015	5	596	(3,5,6,8,10)	2888.5	0.239
5	545	(2,4,5,8,10)	2938.0	0.837	5	597	(3,5,6,9,10)	2919.4	0.640
5	546	(2,4,5,9,10)	2916.6	0.578	5	598	(3,5,7,8,9)	2870.4	0.118
5	547	(2,4,6,7,8)	2942.1	0.881	5	599	(3,5,7,8,10)	2908.9	0.474
5	548	(2,4,6,7,9)	2986.8	0.953	5	600	(3,5,7,9,10)	2892.4	0.260
5	549	(2,4,6,7,10)	2905.6	0.443	5	601	(3,5,8,9,10)	2892.9	0.254
5	550	(2,4,6,8,9)	2910.2	0.500	5	602	(3,6,7,8,9)	2884.1	0.196
5	551	(2,4,6,8,10)	2933.8	0.815	5	603	(3,6,7,8,10)	2925.7	0.727
5	552	(2,4,6,9,10)	2937.4	0.833	5	604	(3,6,7,9,10)	2918.7	0.635
5	553	(2,4,7,8,9)	2899.0	0.357	5	605	(3,6,8,9,10)	2944.1	0.881
5	554	(2,4,7,8,10)	2932.6	0.774	5	606	(3,7,8,9,10)	2930.2	0.757
5	555	(2,4,7,9,10)	2918.9	0.591	5	607	(4,5,6,7,8)	2898.4	0.353
5	556	(2,4,8,9,10)	2906.8	0.453	5	608	(4,5,6,7,9)	2896.4	0.311
5	557	(2,5,6,7,8)	2883.6	0.204	5	609	(4,5,6,7,10)	2893.5	0.255
5	558	(2,5,6,7,9)	2902.2	0.413	5	610	(4,5,6,8,9)	2869.3	0.105
5	559	(2,5,6,7,10)	2945.5	0.889	5	611	(4,5,6,8,10)	2924.6	0.694
5	560	(2,5,6,8,9)	2883.4	0.178	5	612	(4,5,6,9,10)	2918.7	0.625
5	561	(2,5,6,8,10)	2956.4	0.914	5	613	(4,5,7,8,9)	2837.6	0.013
5	562	(2,5,6,9,10)	2902.8	0.444	5	614	(4,5,7,8,10)	2847.9	0.030
5	563	(2,5,7,8,9)	2885.4	0.202	5	615	(4,5,7,9,10)	2884.2	0.201
5	564	(2,5,7,8,10)	2930.1	0.748	5	616	(4,5,8,9,10)	2873.8	0.117
5	565	(2,5,7,9,10)	2917.5	0.584	5	617	(4,6,7,8,9)	2903.6	0.422
5	566	(2,5,8,9,10)	2916.6	0.584	5	618	(4,6,7,8,10)	3001.7	0.971
5	567	(2,6,7,8,9)	2893.3	0.251	5	619	(4,6,7,9,10)	2947.3	0.894
5	568	(2,6,7,8,10)	2941.8	0.860	5	620	(4,6,8,9,10)	2915.4	0.562
5	569	(2,6,7,9,10)	2953.4	0.914	5	621	(4,7,8,9,10)	2915.4	0.551
5	570	(2,6,8,9,10)	2893.5	0.300	5	622	(5,6,7,8,9)	2890.9	0.253
5	571	(2,7,8,9,10)	2938.9	0.849	5	623	(5,6,7,8,10)	3003.8	0.982
5	572	(3,4,5,6,7)	2889.0	0.237	5	624	(5,6,7,9,10)	2931.2	0.771

c	g	SNP	AICc	Pval	c	g	SNP	AICc	Pval
5	625	(5,6,8,9,10)	2904.9	0.401					
5	626	(5,7,8,9,10)	2887.4	0.240					
5	627	(6,7,8,9,10)	2970.7	0.919					

## **ABSTRACT**

# **A Statistical Method to Identify Epistatic Interactions for Quantitative Traits**

Chanmi, Park

Dept. of Biostatistics and Computing

The graduate school

Yonsei University

Many complex human diseases, which involve multiple genetic and environmental determinants, have increased in incidence during the past 2 decades. Considerable efforts and expenses have been expended in genetic association studies aimed at detection of genetic loci contributing to the susceptibility to complex human disease. However, most current approaches of association studies essentially evaluate single marker. These approaches ignore the possibility that effects of multilocus functional genetic units may play a larger role than a single-locus effect in determining trait variability. In this thesis, a novel method was proposed to identify susceptibility genes involved in epistatic interactions for quantitative traits. At first, stepwise multi-genotypes grouping was used to reconstruct multi-locus genotypes for all the possible locus-sets. Then, a corrected Akaike's information criterion(AICc) is calculated for each of locus-sets through modeling for the association between the quantitative trait and the locus-sets. Finally, permutation procedure was performed to evaluate the significance of AICc for association

and the locus-set with the smallest value of the AICc was the best locus-set. The validity and power of the method was evaluated by simulation studies. From the simulation, it showed that the method had reasonable power and type I error to detect epistatic interactions. The, this method was applied to a real data set from Yonsei Cardiovascular Genome Center to detect the locus-set among the 10 SNPs of candidate genes that predicts carotid augmentation index(carotid AI). In this application, four kinds of multilocus effect were identified significantly and the best to predict carotid AI was (APM1 T45G, ADD1 G460W, GNB3 C835T, ACE ID) gene-gene interaction model.

---

keywords : complex disease, quantitative trait, gene-gene interactions, epistasis,  
multilocus-genotype