

报名号 # 1370
第二届“数学中国杯”数学建模网络挑战赛

承 诺 书

我们仔细阅读了第二届“数学中国杯”数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛报名号为：1370

参赛队员（签名）：

队员 1：

队员 2：

队员 3：

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：大学组

第二届“数学中国杯”数学建模网络挑战赛

报名号 # 1370
编 号 专 用 页

参赛队伍的参赛号码：（请各个参赛队提前填写好）：
1370

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

报名号 # 1370

2009 年 第二届“数学中国杯” 数学建模网络挑战赛

题 目 流感病毒预测与疫苗投放模型关 键 词 流感病毒 疫苗涵盖度 综合评价函数 BP 神经网络预测模型

摘 要：

流感是世界上广泛流行的疾病之一，流感病毒具极高变异性，这对流感疫苗的生产造成了很大困难。因此寻找一个能够有效监控和预防流感病毒爆发的方法是目前亟待解决的问题。鉴于能在人际间大范围传播的流感病毒为 H1N1、H3N2 和 B 型，故本文主要对这三种病毒进行了研究。

问题一、对疫苗投放方案的设计和评价：

本文首先对全球按大洲进行了划分，然后分南北半球更细致的优化了划分，将病毒爆发程度分为四类，并将爆发程度量化，在此基础上提出了基于疫苗涵盖度优化的洲际二联装疫苗投放方案及综合评价函数 $F = \lambda_1 E + \lambda_2 G(P)$ ，并对现行三联装与优化的二联装两种方案评价比较，得到良好的结果：

F	南半球	北半球
二联装	0.8411	0.8472
三联装	0.7809	0.8476

问题二、对威胁最大的流感病毒品种的预测：

本文研究了流感病毒爆发程度的预测问题。病毒爆发情况的预测直接关系到疫苗的使用效果，本文依据病毒的传播特性和各大洲的地理特征将全球分成了容易研究的十二个区域，然后在一定的规则下从各国中选出了分布在 12 个地区的 30 个国家，对其中每个国家建立 BP 神经网络模型，并根据往年的大量数据对网络进行充足训练，对这 30 个国家分别进行了预测，最终选出了 H1N1 病毒、H3N2 病毒、B 病毒预测爆发程度最高的国家，即该病毒威胁最大的国家（以 H1N1 为例，结果如下，详细计算结果在附录中），经过实际数据检验证明本文所建立模型结果较为理想。

国家	H1N1 预期爆发程度月最大值	国家	H1N1 预期爆发程度月平均值
俄罗斯	26.9837	日本	6.0257
日本	26.7663	加拿大	4.8976
挪威	25.5895	美国	4.2343
美国	13.0004	俄罗斯	4.2023

参赛队号 1370所选题目 B参赛密码 _____
(由组委会填写)

报名号 # 1370

英文摘要（选填）

（此摘要非论文必须部分，选填可加分，加分不超过论文总分的 5%）

Due to the high degree of variability and pathogenicity of influenza virus, an effective method of influenza's surveillance and immunization is severely demanded. Since the types of influenza viruses infected by human beings are mostly A(H1N1), A(H3N2) and B, the conclusion of the article is mainly based on the statistics of the three types of virus. We discuss the vaccination project and the prediction method of influenza activity in the article.

Problem 1: The design and the assessment of vaccination project.

On the basis of difference between continents and between northern hemisphere and southern hemisphere, we develop the division model of the world. After assigning values to different extents of influenza activity, we establish the assessment function $F = \lambda_1 E + \lambda_2 G(P)$ to evaluate the vaccination project.

F	Southern Hemisphere	Northern Hemisphere
Two in One	0.8411	0.8472
Three in One	0.7809	0.8476

Problem 2: The prediction of influenza activity.

Then we proposed the method to predict the influenza activity in different regions. We divide the world into 12 regions and select 30 countries according to a specific criterion. We use the B-P neural network model to analyze the influenza activity and choose out the countries below as the representatives of countries that most possibly have influenza pandemic(A(H1N1)) in next epidemic season.

Country	A(H1N1) The Maximum Value of Prediction	Country	A(H1N1) The Average Value of Prediction
Russian Federation	26.9837	Japan	6.0257
Japan	26.7663	Canada	4.8976
Norway	25.5895	United States	4.2343
United States	13.0004	Russian Federation	4.2023

报名号 # 1370

一、问题重述

1. 问题背景

流感是一种广泛流行于世界范围内的疾病，每次流感大流行都会造成多人死亡和巨大的经济损失。因此有效地监测和预防流感病毒的爆发是势在必行的。现今世界上通用的流感疫苗为三联装疫苗，不过由于流感疫苗的高成本，二联装疫苗方案被提上议程。另外对于下一流感流行季节的爆发病毒的预测直接影响了大众对流感的预防效果，故需要寻找一种预测流感病毒爆发的有效而准确的方法。

2. 问题提出

问题1：流感疫苗的制造成本较高。为降低成本，可以设想将三联装疫苗改变成双联装，也就是每份疫苗当中含有两种毒株成分。将北半球和南半球分别划分为稍小的区域，并使用不同的疫苗针对不同区域来进行投放，请你们建立合适的模型，设计一个可行的投放方案，并设计一个评估标准来评估其效果，使之能与现行方案进行对比评价。在此问题当中，可以只考虑病毒亚型，而不考虑具体毒株的选择。

问题2：如果考虑选择具体毒株，就需要评估和预测对下一年威胁性最大的病毒是哪个品种。但如果对过去一年中所有引起流感流行的病毒都进行研究，工作量相当可观。请建立合理的模型，在监测到的流感流行记录中，筛选出对下一年威胁较大的病毒可能在哪里出现，以缩小病毒专家的研究范围，便于疫苗成分的确定和生产。

二、模型的基本假设

- 1、患病者体内只有一种致病病毒，患病者均为易感人群，如婴幼儿，老年人，慢性病患者
- 2、接种疫苗可以有效的预防流感
- 3、各种病毒疫苗的培养成本是相同的
- 4、病毒蔓延受温度影响，各病毒爆发与否无相互联系
- 5、地形因素如高山，大河可有效阻碍病毒的传播

三、符号说明与概念引入

- S 对流感蔓延程度的量化集合
 S_i 各种病毒蔓延程度量化后的值
 E 疫苗总的使用效果的函数
 ρ 国家占该地区的人口百分数
 R 投放疫苗涵盖度：对某地区疫苗成分所涵盖的该地各种流感病毒的相对爆发程度的和
 λ 生产成本及使用效果的权重
 F 综合评价函数

报名号 # 1370

四、问题分析

流感病毒由于其极高的变异和适应能力，无法消灭，每年都会给世界造成巨大的经济损失。而近几年出现的 H5N1 高致病性禽流感更是对人类的生命安全构成了威胁。因此寻找一个有效的监控及预防流感病毒的方法是亟待解决的问题。在历史上能够在人类之间大范围传播的流感病毒主要有 H1N1、H3N2 和 B，只要对这三种病毒研究即可。

由于流感病毒本身的特殊性，现今世界上流行的流感疫苗为三联装方案，而流感疫苗的制造成本较高，如何才能使疫苗拥有良好的预防效果及低廉的成本成为人们亟待解决的问题。本文就二联装的投放方案建立了合理的模型，并对三联装方案和优化了的二联装建立了综合评价模型，完成了对两种方案在不同地区进行了比较。另外一个焦点就是疫苗成分的预测是否准确。由于流感病毒的极强变异能力，疫苗成分的预测直接关系到下一流感流行季节大众的预防情况。本文在合理地处理大量数据的基础上，利用了神经网络模型对流感病毒的爆发情况进行了预测，并完成了对几种威胁较大的具体病毒品种的可能爆发程度的危险性排序。

五、模型建立与求解

问题一：对疫苗投放方案的设计和评价

1.1 模型一的建立

由于各大洲的划分清晰明了，便于操作，本文从现有的大洲划分入手，建立了大洲模型，将全球分为六个洲区域。

1.2 病毒的爆发程度图表量化规则：

假设某种病毒的爆发程度是由爆发的广泛程度的大小来决定，由“Extent and type of seasonal influenza activity worldwide, September 2007 – January 2008”表格^[1]我们将爆发程度由轻到重分成零星爆发，地方性爆发，地区性爆发，广泛爆发。由“2007 – 2008 Flu Activity Report”^[2]给定的四种爆发程度的关系，在我们假设平均一个州有 12 个地区，广泛爆发的程度是地区性爆发的 3 倍，地区性爆发是地方性爆发的 3 倍，地方性爆发是零星爆发的 3 倍，最后分别将零星爆发，地方性爆发，地区性爆发，广泛爆发四种程度量化为 1, 3, 9, 27，

定义流感爆发程度量化集合 S , $S = \{S_{H1}, S_{H2}, S_A, S_B\}$,

其中 S_i 表示对病毒爆发程度的量化得到“Extent and type of seasonal influenza activity worldwide, September 2007 – January 2008”的量化表格一，见附录。

1.3 疫苗投放方案

现今世界上通行的流感疫苗均为三联株，由于成本较高，考虑两联株使用应该更加灵活，才能达到较好的效果，即不同地区区别对待。而由表中数据可知世界上流行的流感病毒主要为 H1N1, H3N2 和 B (B 型病毒基本不变异)，使用两联株疫苗可能无法完全涵盖病毒种类，因此两联株成分的选取要尽量覆盖尽量多的人群才能达到最佳效果，

报名号 # 1370

故定义成分选取函数函数

$$H = \{\max S, \max(S - \max S)\}$$

1.4 对疫苗预测的评价

由于疾病爆发的严重程度与患病人数有关，在本文中可用人口百分数 ρ 来衡量同种病毒爆发情况下的严重程度，而本文之前对不同病毒引起的流感的爆发严重程度进行了量化，故总的疫苗预测的效果可以用二联装的成分所涵盖爆发流感病毒的比例 R 与该人口占该区域百分数 P 的乘积和来表示，我们称之为疫苗有效度。

故本文有公式：

$$E = \sum \rho_i * R_i$$

对于 R 即二联装疫苗的涵盖度，本文有

$$R = \frac{\max S + \max(S - \max S)}{\sum S_i}$$

然后根据附录中的数据，利用模型一，经计算可得各大洲的疫苗组合的优化方案，如表格 1：

表格 1 各地区疫苗的投放方案

疫苗 洲	H1&H3	H1&A	H1&B	H3&A	H3&B	A&B	最优组合
非洲	8.5220	7.6331	9.9293	3.0707	5.3669	4.4780	H1&B
美洲	7.9616	8.3171	7.4452	8.5548	7.6829	8.0384	H3&A
亚洲	9.6388	6.5854	12.9466	4.0534	10.4146	7.3612	H1&B
欧洲	24.0817	24.0993	27.8973	5.1027	8.9007	8.9183	H1&B
大洋洲	2.2000	1.4000	2.2000	0.8000	1.6000	0.8000	H1&H3
南极洲	0	0	1	0	1	1	B&*

1.5 模型一的进一步优化

由于南北半球区域的时差性，导致流感爆发季节的不同，而有的大洲贯穿了南北半球，因此在使用疫苗时要对这些大洲进一步划分，如非洲，美洲等。

本文仍然根据模型一的结果对这些区域进行计算，另外虽然还有一些地区或国家被赤道穿过，但显然要使用同一种疫苗投放方案。故本文在使用了模型一的结论的同时，又对特殊的国家和地区进行了手动的调整，

从而得到了新的南北半球各区域的疫苗组合，如表格 2 和表格 3：

表格 2 南半球各区域的疫苗组合效果

疫苗 洲	H1&H3	H1&A	H1&B	H3&A	H3&B	A&B	最优组合
非洲南	0.7866	0.7217	0.9351	0.0649	0.2783	0.2134	H1&B
南美洲	0.2982	0.4991	0.7530	0.2470	0.5009	0.7018	H1&B
大洋洲	0.5450	0.0934	0.5484	0.4516	0.9066	0.4550	H3&B
南极洲	0	0	1	0	1	1	B&*

表格 3 北半球各区域的疫苗组合效果

疫苗 洲	H1&H3	H1&A	H1&B	H3&A	H3&B	A&B	最优组合
非洲北	0.5600	0.4538	0.7551	0.2449	0.5462	0.4400	H1&B
北美洲	0.7598	0.5286	0.5774	0.4226	0.4714	0.2402	H1&H3
亚洲	0.4439	0.0902	0.6395	0.3605	0.9098	0.5561	H3&B

报名号 # 1370

欧洲	0.7003	0.5885	0.7901	0.2099	0.4115	0.2997	H1&B
----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	------

又由各大洲人口统计表格 4:

表格 4 各大洲人口统计情况

洲	亚洲	欧洲	非洲	拉美和加勒比地区	北美洲	澳洲	南极洲
人口/亿	38.7	7.26	8.69	5.5	3.29	0.33	几乎 0

若对每部分,都采用最优方案,则在此意义下整体最优,有南半球总效果(考虑各区域人口总数所占比例进行加权)

$$E_1 \approx \frac{0.9351 \times 4.345 + 0.7530 \times 3.29 + 0.9066 \times 0.33}{4.345 + 3.29 + 0.33} = 0.8587$$

北半球总效果

$$E_2 \approx \frac{0.7551 \times 4.345 + 0.7598 \times 5.5 + 0.9098 \times 38.7 + 0.7901 \times 7.26}{4.345 + 5.5 + 38.7 + 7.26} = 0.8674$$

而采用三联装方案时,南半球总体效果 0.8798,北半球总体效果为 0.9752

由于 H5N1 型禽流感病毒是在近几年刚刚变异的具有高致病性的流感病毒,主要在亚洲等地区循环传播,对于一些 H5N1 型禽流感重灾区,本文建议在人群中广泛的注射疫苗,防患于未然。

1.6 综合评价体系

现今世界上通行的流感疫苗为三联装疫苗,也就是每份疫苗中有三种经过灭活或裂解处理的毒株,分别为两个 A 型和一个 B 型。一般的疫苗推荐成分为 A 型的 H1N1 和 H3N2, 以及一个 B 型毒株。

而流感病毒疫苗的成本较高,因此二联装疫苗比三联装疫苗更有优势。但最终决定一种疫苗的优劣是疫苗的使用效果。本文建立了一个综合评价函数从成本和功效综合评价疫苗投放方案。

综合评价函数为

$$F = F(E_i, P_i) \quad E_i \text{ 是投放方案的使用效果, } P_i \text{ 是投放疫苗的价格}$$

对于成本的评价主要在于大众的接受程度,故本文根据两种方案定义一个关于疫苗成本的满意度函数,

$$G = 1 - \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad \text{其中 } p_2, p_3 \text{ 分别表示二联装与三联装的疫苗价格, } P_{\min},$$

P_{\max} 分别表示疫苗价格的下限和上限。

参考市场现行的三联装流感疫苗的成本及价格,可以得到

$$G = \begin{cases} 0.8, & \text{选择两联装方案, } P_i = 2 \\ 0.55, & \text{选择三联装方案, } P_i = 3 \end{cases}$$

分别赋予疫苗投放方案效果 E 和疫苗成本满意度 G 以权重 λ , 可得综合评价函数

$$F = \lambda_1 E + \lambda_2 G(P)$$

由于大众相对于疫苗成本更看重于疫苗的效果,一般取 $\lambda_1 = 0.7, \lambda_2 = 0.3$ 得表格 5:

报名号 # 1370

表格 5 二联装与三联装的综合评价情况对比

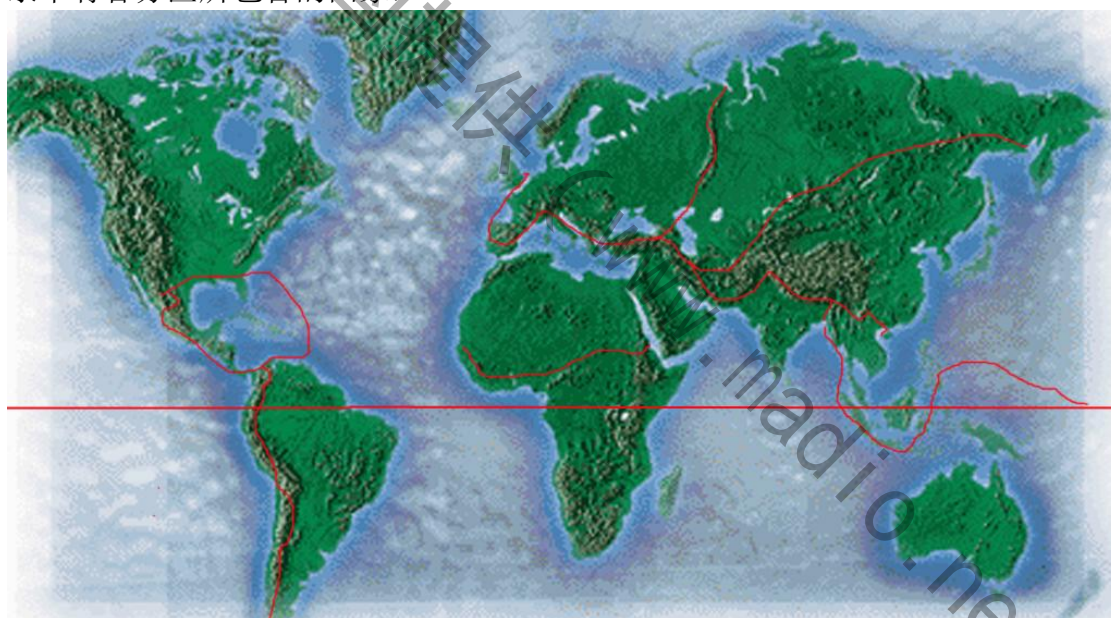
F	南半球	北半球
二联装	0.8411	0.8472
三联装	0.7809	0.8476

带入相关数据本文得出以下结论：三联装疫苗具有广泛的适用性及良好的预防效果，但灵活性不足，小部分地区无法兼顾且成本较高；二联装疫苗具有较高的针对性和较低的成本，但其使用效果对病毒预测的成败依赖过重。

问题二：对威胁最大的流感病毒的预测

2.1 初步筛选

对流感病毒的预测需要较高的精度，因此本文根据假设 5 及各大洲的地理特征（如山脉或河流），对问题一中的洲际分划进行了更细致的划分，共将地球分为十二个区域，即非洲北部和西亚，美洲北部，亚洲东部，南亚，亚洲中部和俄罗斯大部，欧洲西部，美洲中部，大洋洲，非洲南部，东南亚，南美洲（东），南美洲（西）。如图表 1 所示（附录中有各分区所包含的国家）



图表 1 基于地理特征的流感区域划分

由于每年二月份要预测新的流行季节中流感流行情况，故上一流行季节各月份各种类病毒的爆发情况对预测有重要影响。问题二要求对威胁最大的流感病毒进行预测，本文制订了简易的初步筛选规则（针对前一年流行季节的流感数据）：

- 某种病毒在单月中的爆发程度在本地区最高的国家，进入病毒采样候选地区（考虑最大爆发程度在两星及以上的国家）
- 若第一步选出的国家不足三个，可利用问题一中已量化的流感爆发程度表计算流行季节中总的流感爆发严重程度，选出前几位，直至选出三个国家（若数据不足，酌情处理）

利用问题一得到的优化的大洲分划，经过初步筛选，得到不同地区若干个病毒威胁最大的疑似国家，见表格 6 与表格 7：

报名号 # 1370

表格 6 北半球区域划分及病毒威胁最大的疑似国家

北半球区域划分	病毒威胁最大的疑似国家
非洲北部和西亚	突尼斯, 摩洛哥, 埃及
美洲中部	墨西哥, 哥斯达黎加
美洲北部	加拿大, 美国
亚洲东部	香港, 日本, 韩国 中国
南亚	印度, 巴基斯坦
亚洲中部和俄罗斯大部	俄罗斯
东南亚	新加坡, 泰国, 菲律宾
欧洲西部	挪威, 英国, 瑞典 荷兰 西班牙, 葡萄牙

表格 7 南半球区域划分及病毒威胁最大的疑似国家

南半球区域划分	病毒威胁最大的疑似国家
南美洲（东）	阿根廷, 巴西
南美洲（西）	智利 厄瓜多尔
非洲南部	马达加斯加, 喀麦隆 肯尼亚
大洋洲	澳大利亚, 新西兰

在得到病毒威胁最大的疑似国家后, 本文根据 2007 年 9 月至 2009 年 1 月的数据利用 BP 神经网络模型对其进行了进一步筛选。

2.2 BP 神经网络模型^[4]

2.2.1 BP 神经网络模型概述

利用 BP 神经网络模型来预测各地区的对应各种亚种 (H1, H3, A, B) 的具体品种在下一年的爆发程度, 从而从中挑选出威胁性较大的品种, 并给出可能造成的威胁大小的排序。

对要研究的某地区的某病毒品种, 不妨以某地的 H3 病毒为例, 以每月为研究对象, 对其可能的影响因素有

- 月平均气温值;
- 该月是否打过该种疫苗 (各月是否爆发与上月有关, 故若某月打过该种疫苗后会影响到下个月的情况);

由于北 (南) 半球各月间月平均气温情况的总体变化的可以看做一致的, 所以只要量化时大体区分出各月的高低即可。

则由该地区的 17 个月 (从 2007 年 9 月到 2009 年 1 月) 的以上各因素值以及该 H3 品种病毒的爆发程度来训练和测试 (可以用 2007 年 9 月到 2008 年 11 月数据做训练, 用 2008 年 12 月、2009 年 1 月做测试), 来估计 2009 年 2 月到 2010 年 1 月的情况。以加拿大的 H3 病毒品种情况为例。

表格 8 学习病毒爆发程度规律

H1/加拿大	平均气温/度	是否接种	H1 程度
2007.9	1	15	1
2007.10	0	9	0
2007.11	0	3	0
2007.12	0	-3	0

报名号 # 1370

2008.1	0	-5	0
2008.2	0	-5	0
2008.3	0	-1	0
2008.4	0	5	0
2008.5	0	12	0
2008.6	0	17	0
2008.7	0	20	0
2008.8	0	19	0
2008.9	1	15	1
2008.10	0	9	0
2008.11	0	3	0
2008.12	0	-3	0
2009.1	0	-5	0

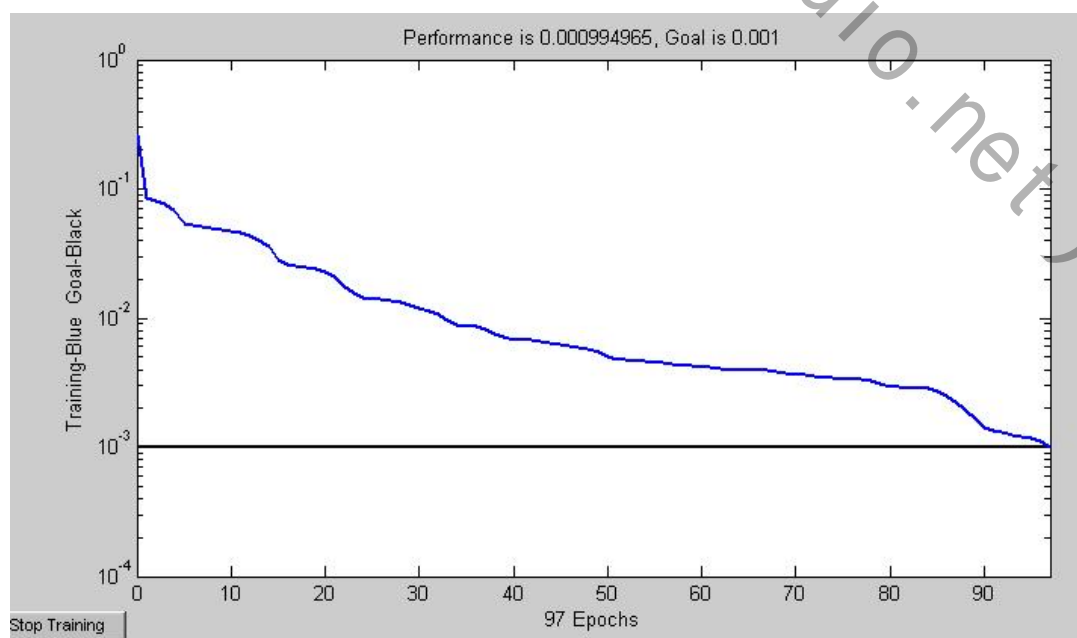
则表 8 中的前 2 项为输入因子，输出因子为实际爆发程度，利用上表的学习例子对网络进行训练，训练前对数据进行归一化处理。

2.2.2 BP 网络设计

这里采用单隐层的 BP 网络进行病毒爆发程度预测。由于输入的样本为 2 维的输入向量，因此，输入层有 2 个神经元，则中间层应该有 5 个神经元。网络只有 1 个输出数据，则输出层只有 1 个神经元。因此，网络应该为 $2 \times 5 \times 1$ 的结构，按照 BP 网络的一般设计原则，中间层神经元的传递函数为 S 型正切函数。由于输出已被归一化到 $[0, 1]$ 中，因此，输出层神经元的传递函数可以设定为 S 型对数函数，即可如此创建一个符合要求的 BP 网络。

2.2.3 BP 网络训练与测试

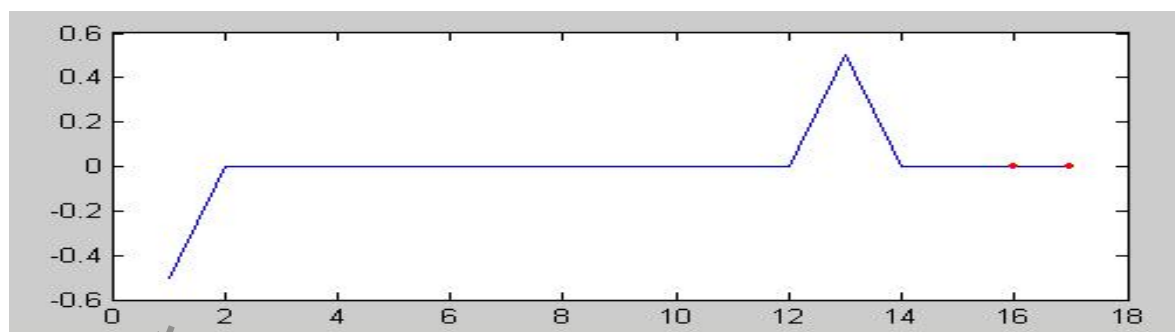
经过 97 次训练，网络的目标误差达到要求，如图表 2:



图表 2 训练结果

报名号 # 1370

BP 神经网络训练结束（前 15 个月预测），用 2008 年 12 月，2009 年 1 月（即图中第 16，17 个月）的数据进行测试，误差如下图表 3：



图表 3 测试误差情况

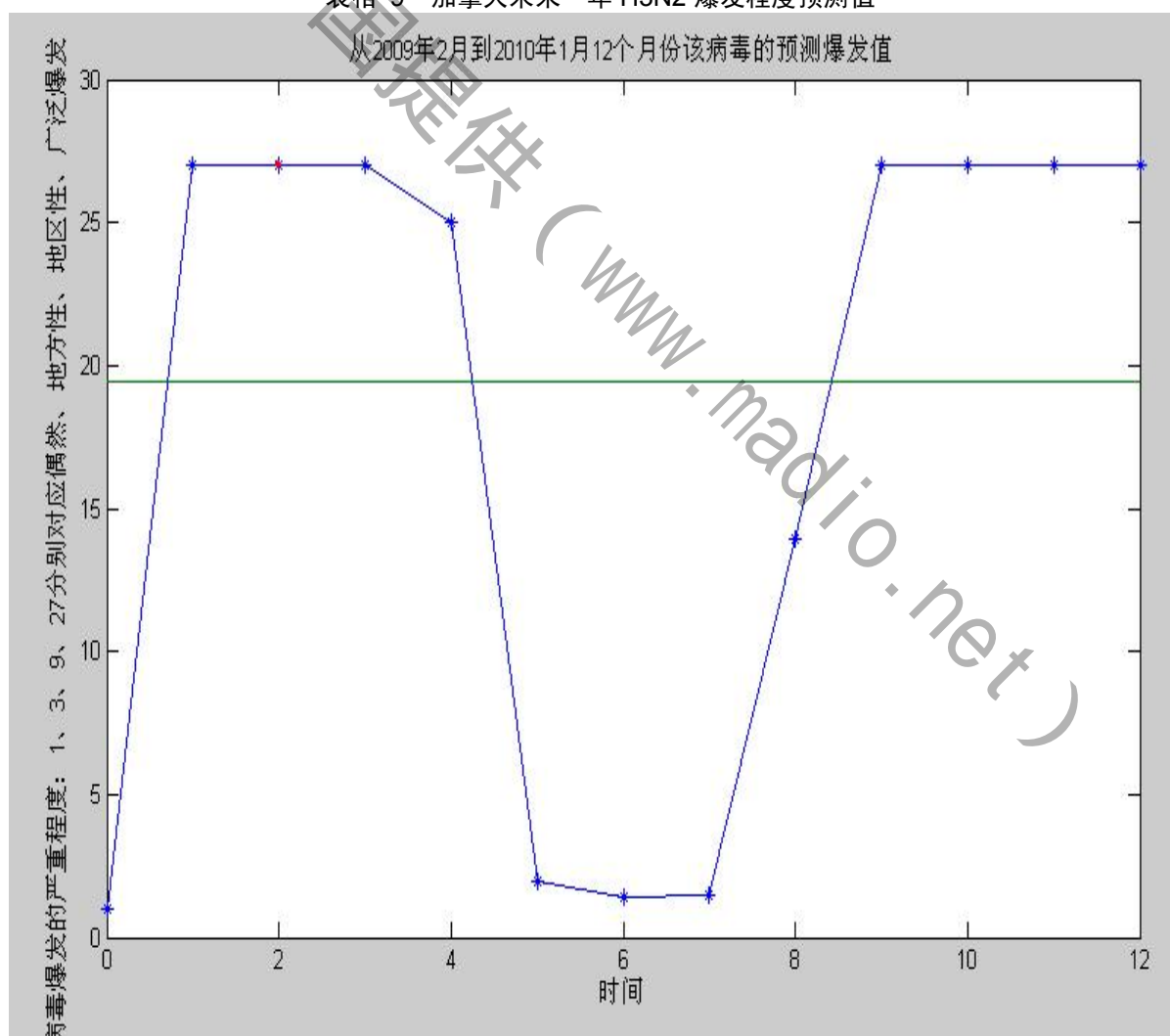
可见该 BP 神经网络模型误差很小，在一定程度上可以用来预测将来的情况。

2.2.4 BP 神经网络预测

预测 2009 年 2 月到 2010 年 1 月份 H1 病毒的爆发值如图：

表格 9 加拿大未来一年 H3N2 爆发程度预测值

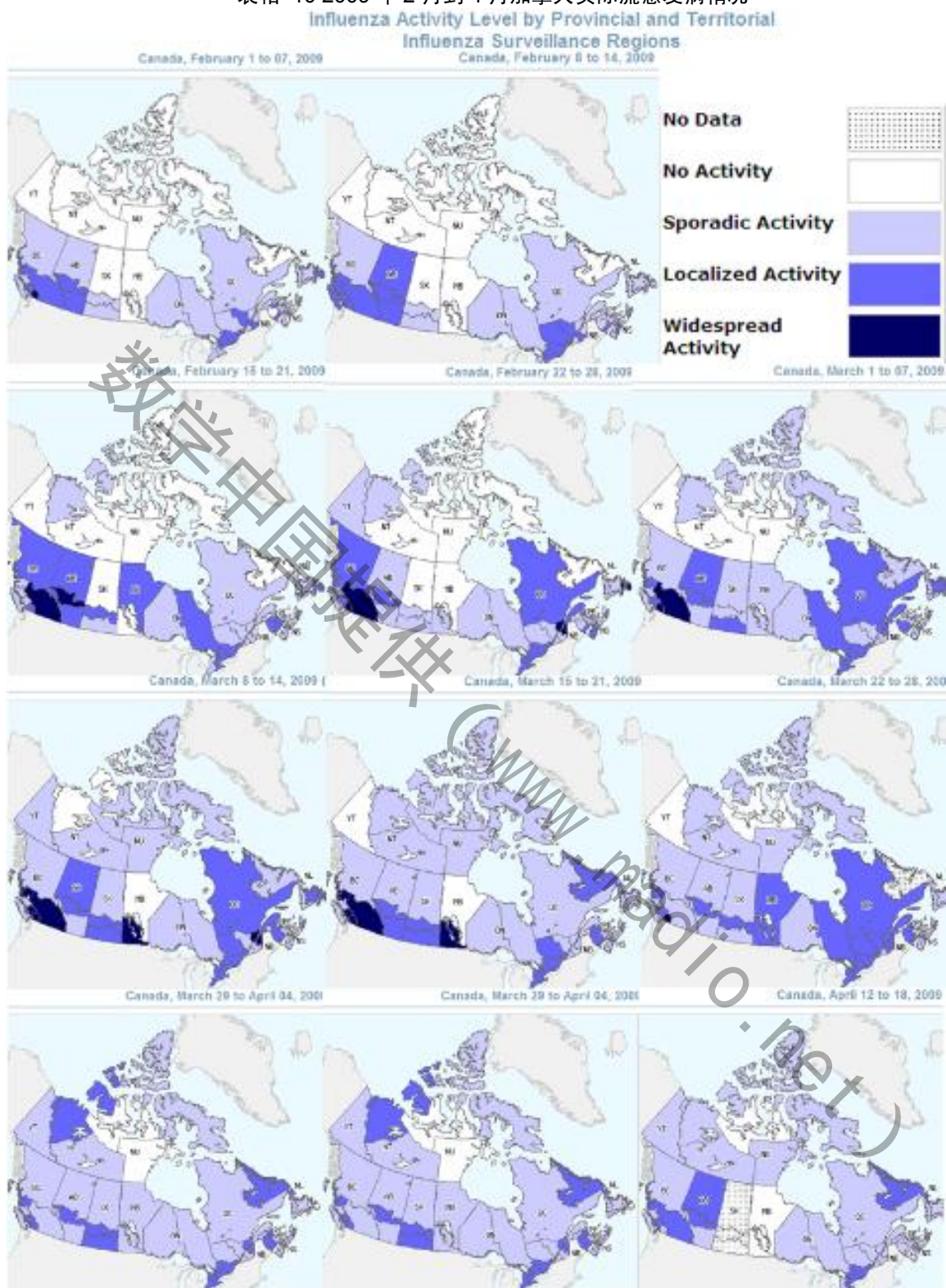
从 2009 年 2 月到 2010 年 1 月 12 个月份该病毒的预测爆发值



2.2.5 BP 神经网络模型的检验

由加拿大 2009 年 2 月到 2009 年 4 月的情况进一步检验模型是否合理，如图：

报名号 # 1370

表格 10 2009 年 2 月到 4 月加拿大实际流感发病情况^[3]

对照图表 9 与图表 10，可以看到已有实际情况（2009 年 2 月到 4 月）与预测值符合较好，在 2009 年 2 月和 3 月加拿大确实经历了流感病毒广泛爆发，在 3 月到 4 月，情况逐步好转，病毒爆发程度经地区性爆发水平降至地方性爆发水平，与预测图相符。经过对比，其他国家的病毒爆发程度在 2009 年 2 月到 4 月与对应预测图也较符合。

然后对经过初次筛选后的其他 H3 病毒疑似国家（以及对 H1、B 病毒疑似国家）进行同样的预测，在满足测试值良好的数据下对未来进行预测，具体结果见附录表格。并

报名号 # 1370

分别按照该病毒预期爆发程度最大值（可以认为最有威胁的病毒品种是有最强爆发程度的品种）及月平均值降序（可以认为最有威胁的病毒品种是有累积较强爆发程度的品种）进行排列，以此得到各病毒具体品种的威胁程度。结果如下

表格 11 H3 疑似国家预测爆发程度排序

国家	H3 最大值	国家	H3 平均值
加拿大	26.9996	加拿大	19.1253
美国	26.8078	美国	6.1775
俄罗斯	26.7686	俄罗斯	3.7504
挪威	13.4999	香港	3.3337
日本	13.4921	巴西	3.0662
荷兰	8.9999	挪威	2.3335
香港	8.9857	日本	2.2116
突尼斯	8.9741	荷兰	2.1135
阿根廷	8.9666	突尼斯	1.8051
巴西	4.9997	中国	1.4871
葡萄牙	4.5004	菲律宾	1.3752
西班牙	3.1663	阿根廷	1.251
厄瓜多尔	2.9999	厄瓜多尔	0.8941
菲律宾	2.9973	葡萄牙	0.8766
韩国	2.9879	英国	0.6631
中国	2.9708	韩国	0.6108
英国	2.2	泰国	0.5553
马达加斯加	1.4966	西班牙	0.5309
泰国	1	肯尼亚	0.5274
肯尼亚	0.9998	马达加斯加	0.4264
澳大利亚	0.9996	新加坡	0.4179
新西兰	0.9934	新西兰	0.2083
马提尼克岛	0.6	澳大利亚	0.2069
印度	0.5	马提尼克岛	0.151
墨西哥	0.5	埃及	0.1021
埃及	0.4993	瑞典	0.0719
新加坡	0.4546	智利	0.0507
智利	0.3791	印度	0.0417
瑞典	0.3579	墨西哥	0.0417
哥斯达黎加	0.0549	哥斯达黎加	0.0083

表格 12 H1 疑似国家预测爆发程度排序

国家	H1 最大值	国家	H1 平均值
俄罗斯	26.9837	日本	6.0257
日本	26.7663	加拿大	4.8976
挪威	25.5895	美国	4.2343
美国	13.0004	俄罗斯	4.2023
加拿大	11.3334	挪威	3.3393
智利	8.9951	巴西	3.0662

报名号 # 1370

香港	8.9884	香港	2.7056
荷兰	8.986	荷兰	1.9087
突尼斯	8.8773	智利	1.7105
葡萄牙	5.0004	突尼斯	1.5475
阿根廷	4.9999	中国	1.3899
巴西	4.9997	英国	1.2089
西班牙	4.7488	葡萄牙	1.2003
英国	2.9997	阿根廷	1.1813
中国	2.9995	马达加斯加	1.1331
韩国	2.9957	韩国	0.9163
菲律宾	2.0001	泰国	0.8395
马达加斯加	1.9972	西班牙	0.8022
墨西哥	1.6666	新加坡	0.7356
澳大利亚	1	厄瓜多尔	0.62
厄瓜多尔	1	澳大利亚	0.5852
肯尼亚	0.9995	墨西哥	0.5305
印度	0.9966	菲律宾	0.4688
瑞典	0.9965	瑞典	0.4327
新加坡	0.9863	肯尼亚	0.4257
泰国	0.9781	印度	0.3126
马提尼克岛	0.75	新西兰	0.1949
新西兰	0.6667	埃及	0.1913
哥斯达黎加	0.5	马提尼克岛	0.1885
埃及	0.4997	哥斯达黎加	0.1515
摩洛哥	0.0524	摩洛哥	0.0071

表格 13 B 疑似国家预测爆发程度排序

国家	B 最大值	国家	B 平均值
日本	26.9988	巴西	7.1243
巴西	26.9632	挪威	6.9801
俄罗斯	26.9311	美国	6.2026
挪威	26.8609	英国	5.9972
加拿大	26.7765	加拿大	5.9909
美国	26.7661	日本	5.7262
智利	9	智利	5.1279
英国	9	俄罗斯	5.1069
葡萄牙	9	葡萄牙	3.9984
荷兰	8.9999	香港	2.6944
突尼斯	8.9905	西班牙	2.3783
香港	8.9671	荷兰	2.1135
西班牙	8.8529	厄瓜多尔	1.7713
阿根廷	5.999	突尼斯	1.749
墨西哥	2.9968	阿根廷	1.1717
马达加斯加	2.9764	墨西哥	1.1686
厄瓜多尔	2.3572	马达加斯加	1.0783

报名号 # 1370

中国	1.6668	菲律宾	0.925
菲律宾	1.6666	肯尼亚	0.7588
马提尼克岛	1.5	印度	0.5897
韩国	1.0371	瑞典	0.5693
瑞典	1	马提尼克岛	0.5257
肯尼亚	0.9999	中国	0.4641
澳大利亚	0.9999	新加坡	0.4242
印度	0.9994	泰国	0.3271
新西兰	0.9984	新西兰	0.2606
哥斯达黎加	0.5714	韩国	0.2564
埃及	0.5555	澳大利亚	0.2411
新加坡	0.5	哥斯达黎加	0.2384
泰国	0.359	埃及	0.1261

表格 14 基于地理划分的各流感区域预期流感较严重国家

区域 病毒	北非 西亚	东亚	南亚	东南亚	俄罗斯 中亚	大洋 洲	非洲 南部	欧洲 西部	北美	南美 西	南美 东	中美
H1	突尼斯	日本、香港	印度	菲律宾、泰国	俄罗斯	澳大利亚	马达加斯加	荷兰、挪威	加拿大、美国	智利	阿根廷、巴西	墨西哥
H3	突尼斯	日本、香港	印度	菲律宾	俄罗斯	澳大利亚、新西兰	马达加斯加、肯尼亚	荷兰、挪威	加拿大	厄瓜多尔	阿根廷、巴西	墨西哥、马提尼克岛
B	突尼斯	日本、香港	印度	菲律宾	俄罗斯	澳大利亚、新西兰	马达加斯加	英国、挪威	加拿大、美国	智利	巴西	墨西哥

从表格 14 我们可以得到各个地区威胁性较强的病毒品种，可以较好的为进一步医学实验准备，大大降低了医学实验操作的难度和工作量。

六、模型评价与改进

1. 在问题一中，本文在划分区域时主要考虑了地形因素对流感病毒传播的影响，不够全面，可以加入气候，人类活动等因素的影响，使区域划分更合理。
2. 可以利用的流感病毒爆发程度的数据，可能已经受到了接种疫苗的影响，因此数据不够精确，这是无法避免的误差。
3. 流感病毒的严重程度仅是大致的等级度量，没有精确的数据，因此神经网络模型预测的结果也只作为参考。利用更加详尽的患病人口数目及比例等数据来预测是模型改进的方向。

报名号 # 1370

参考文献

- [1]WHO,Weekly epidemiological record, 2008, 83, 77 - 88
- [2] Illinois Department of Public Health,2007 - 2008 Flu Activity Report,
<http://www.idph.state.il.us/flu/fluupdate07-08.h>, 2009.04.24
- [3] Public Health Agency of Canada, FluWatch,
http://dsol-smed.phac-aspc.gc.ca/dsol-smed/fluwatch/fluwatch.phtml?province_ext=wb%2C433%2C395&FluWeek=wk200906&Submit=View+Map&province=wb, 2009.04.25
- [4] 飞思科技产品研发中心, 神经网络理论与 Matlab7 实现, 电子工业出版社, 2005 年

数学中国提供 (www.madio.net)

附录：

报名号 # 1370

一、表格：

表格 15 南半球的投放预测因素表(典型国家的情况及四种病毒在该地爆发程度量化表)

2008. 2-9	H1	H3	A	B	人口总量	人口密度
Africa Cameroon	4	0	0	1	15, 803, 000	33
Madagascar	7	0	0	3	15, 983, 000	30
Mauritius	1	1	0	2	1, 195, 000	603
South Africa	20	3	0	5	43, 586, 000	36
America Argentina	13	0	31	42	37, 487, 000	14
Brazil	50	0	37	97	172, 118, 000	21
Chile	25	0	10	6	15, 402, 000	21
France, French Guiana	3	0	2	3	165, 700	2
Peru	5	4	3	6	26, 090, 000	21
Oceania Australia	5	22	0	22	19, 358, 000	2
France, New Caledonia	2	0	0	0	183, 000	10
New Zealand	1	69	0	72	3, 861, 000	14

表格 16 北半球的投放预测因素表(典型国家的情况及四种病毒在该地爆发程度量化表)

2007. 9-2008. 1	H1	H3	A	B	Population	人口密度
Africa Algeria	3	1	0	0	30, 821, 000	13
Cote d' Ivoire	0	0	2	0	16, 393, 000	51
Egypt	3	0	0	4	65, 239, 000	77
Ghana	3	1	0	0	19, 894, 000	87
Kenya	0	1	0	1	30, 766, 000	58
Morocco	1	0	0	1	29, 237, 000	73
Senegal	2	0	0	0	10, 285, 000	56
Tunisia	0	5	0	4	9, 828, 000	64
Uganda	0	1	0	2	23, 986, 000	115
America Canada	15	5	0	5	31, 081, 900	3
Costa Rica	0	0	1	0	3, 936, 000	77
El Salvador	1	1	0	0	6, 238, 000	318
France, Guadeloupe	0	0	9	0	427, 000	240
France, Martinique	3	0	0	1	399, 000	354
Guatemala	0	2	0	0	11, 687, 000	107
Honduras	1	2	0	0	6, 626, 000	62
Mexico	5	2	4	2	99, 969, 000	53
Panama	0	0	2	2	2, 903, 000	21
USA	41	33	2	13	286, 067, 000	30
Asia China	0	8	0	18	1, 295, 330, 000	136
Hong Kong	7	5	0	11	6, 730, 000	6317
India	0	1	0	1	1, 029, 991, 000	328
Iran	7	0	0	4	63, 442, 000	41
Japan	25	5	0	4	127, 100, 000	337
Malaysia	6	6	0	4	22, 602, 000	72

报名号 # 1370

Mongolia	1	0	0	1	2,435,000	1
Nepal	1	0	0	1	25,284,000	196
Philippines	8	2	0	3	78,609,000	292
Qatar	2	0	0	0	596,000	75
Republic of Korea	5	2	0	3	47,676,000	480
Singapore	0	2	0	3	3,322,000	6389
Sri Lanka	0	0	3	3	19,399,000	305
Thailand	4	4	0	6	61,251,000	127
Vietnam	0	5	0	5	79,939,000	253
Europe Austria	10	0	2	2	8,117,770	97
Belarus	9	0	2	3	9,986,000	49
Belgium	29	2	0	3	10,268,000	339
Bulgaria	1	1	0	0	7,953,000	67
Croatia	10	0	0	1	4,393,000	79
Czech Republic	13	0	2	1	10,269,000	129
Denmark	4	0	0	3	5,358,000	126
Finland	10	1	0	2	5,185,000	15
France	13	3	0	4	59,090,000	110
Germany	5	1	0	4	82,386,000	230
Greece	4	0	1	1	10,975,000	80
Hungary	10	0	0	10	10,190,000	108
Iceland	1	0	1	1	284,000	2
Israel	3	0	3	4	6,258,000	302
Italy	5	0	1	2	57,892,000	192
Latvia	5	0	1	2	2,358,000	35
Luxembourg	28	0	0	2	444,000	181
Montenegro	28	0	0	0	618,000	105
Netherlands	1	0	0	0	15,896,000	395
Norway	5	0	3	4	4,516,000	14
Poland	0	0	2	2	38,647,000	123
Portugal	11	0	0	2	10,328,000	114
Romania	9	0	0	0	22,413,000	94
Russian Federation	6	4	0	4	144,417,000	8
Serbia	2	0	0	0	9,342,000	105
Slovakia	3	0	0	0	5,410,000	111
Slovenia	29	0	3	1	1,991,000	99
Spain	20	4	0	6	40,144,000	85
Sweden	4	1	3	5	8,888,000	20
Switzerland	30	2	1	3	7,222,000	181
Turkey	4	0	0	3	66,229,000	89
United Kingdom	13	2	0	4	59,953,000	243
Ukraine	0	1	0	0	48,767,000	78

报名号 # 1370

表格 17 H1 病毒威胁最大的疑似国家的未来 12 个月的 H1 爆发情况预测值

H1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
北非西亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
突尼斯	4.5019	8.8773	0.3384	0.0016	0.0014	0.0021	0.0027	0.0009	0.0014	0.3384	4.5019	0.0015	8.8773	1.5475
摩洛哥	0.0026	0.0022	0.0019	0.0019	0.0023	0.0053	0.0074	0.0524	0.0019	0.0022	0.0026	0.0027	0.0524	0.0071
埃及	0.4997	0.25	0.2496	0.0195	0.0094	0.009	0.009	0	0.4994	0.2496	0.4997	0.0005	0.4997	0.1913
东亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
日本	26.7663	9.0088	1.5032	1.0661	0.6439	0.7902	1.0749	0.403	1.0661	5.981	9.0003	15.0042	26.7663	6.0257
中国	0.6632	0.6992	0.9994	2.9994	2.9995	2.9995	2.9995	0.0003	0.5015	0.7019	0.6296	0.4858	2.9995	1.3899
香港	2.9999	8.9884	2.9944	1.145	1.5446	2.9888	2.9888	2.0003	1.145	1.0504	1.6219	2.9999	8.9884	2.7056
韩国	2.9957	1.3342	0.6663	0.0042	0	0	0	0	0.6663	1.0015	2.9957	1.3319	2.9957	0.9163
南亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
印度	0.3333	0.3332	0.3331	0.9966	0.004	0.2503	0.2503	0.0003	0.3331	0.2503	0.3332	0.3333	0.9966	0.3126
东南亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
菲律宾	0.2001	0.0071	0.0012	0.0012	0.0012	0.0071	0.0071	2.0001	1.5	1.5	0.2001	0.2001	2.0001	0.4688
泰国	0.7611	0.935	0.9781	0.9781	0.935	0.8269	0.8269	0.8011	0.7611	0.7611	0.7611	0.7491	0.9781	0.8395
新加坡	0.6269	0.6269	0.6269	0.9863	0.9863	0.9863	0.9863	0.494	0.6269	0.6269	0.6269	0.6269	0.9863	0.7356
俄罗斯														
中亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
俄罗斯	9.0004	26.9837	3.6633	1.1421	0.4964	0.1749	0.3004	0.0015	3.6633	1.0016	1.0004	2.9999	26.9837	4.2023
大洋洲	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
澳大利亚	0.3332	1	0.0158	0.668	0.9995	1	0.9995	0.668	0.498	0.4998	0.007	0.3332	1	0.5852
新西兰	0	0	0	0.6667	0.0053	0.4999	0.4999	0.6667	0	0	0	0	0.6667	0.1949
非洲南部	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
肯尼亚	0.0005	0.9976	0.0018	0.2222	0.9969	0.9995	0.9995	0.2222	0.0018	0.2222	0.2222	0.2222	0.9995	0.4257
马达加斯加	1.2031	0.9996	0.9934	1.0043	1.0008	0.9976	0.9976	1.0045	0.9935	1.2031	1.9972	1.2031	1.9972	1.13315
欧洲西部	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
荷兰	8.986	0.9804	0.8934	0.084	0.0204	0.0014	0.0004	0.0008	0.7082	0.9357	1.3079	8.986	8.986	1.9087
挪威	25.5895	8.1188	0.0107	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0	0.0107	2.0715	1.882	2.3535	25.5895	3.3393
葡萄牙	3.6659	1.0589	0.045	0	0	0	0	0	0	0.9679	3.6659	5.0004	5.0004	1.2003
瑞典	0.9965	0.733	0.5989	0.0485	0	0	0	0	0.4098	0.6827	0.7269	0.9965	0.9965	0.4327
西班牙	0.1197	0.0024	0.0016	0.0005	0	0	0	0	0	0.0035	4.7488	4.7488	4.7488	0.8022
英国	2.9997	1.0025	0.9827	0.9728	0.0258	0.001	0.0036	0.499	1.0182	1.0025	2.9997	2.9997	2.9997	1.2089
北美	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
加拿大	11.3333	11.3326	1.7755	1.7756	1.7757	1.7758	1.7758	0.9999	1.7756	1.7852	11.3334	11.3333	11.3334	4.8976
美国	13.0004	8.9854	1.152	1.123	1.1231	1.1229	1.1229	0.9944	1.123	2.0567	6.0072	13.0004	13.0004	4.2343
南美西	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
厄瓜多尔	0.7143	1	0.7143	0.7143	0.0058	0.0058	0.7143	0.7143	0.7143	0.7143	0.7143	0.7143	1	0.62
智利	0.0095	0	3.0002	8.9951	2.0034	2.0034	1.0021	0.5027	0.0001	0.0001	0.0095	3.0002	8.9951	1.7105
南美东	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
阿根廷	0.001	0.0089	0.6503	0.6688	4.9999	4.9999	1.0001	0.6688	0.66	0.512	0.0054	0.001	4.9999	1.1813
巴西	0.1946	0.9975	4.9997	4.9997	3.8001	3.8001	3.8001	3.8001	4.9997	4.9997	0.2083	0.1946	4.9997	3.0662
中美	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
哥斯达黎加	0.2	0.1428	0.0013	0.0013	0.0013	0.1428	0.1428	0.5	0.1428	0.1428	0.2	0.2	0.5	0.1515

报名号 # 1370

马提尼克
岛

0.75	0.75	0.0009	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0028	0.0013	0.0009	0.0009	0.75	0.75	0.1885
墨西哥	1.6666	1	0.0048	0.003	0.003	0.0048	0.0048	1	1	1.6666	0.0059	0.0059	1.6666 0.5305

表格 18 病毒威胁最大的疑似国家的未来 12 个月的 H3 爆发情况预测值

H3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
北非西亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
突尼斯	6.0001	8.9741	0.3334	0.005	0.0041	0.0029	0.0025	0.0007	0.0049	0.3334	6.0001	0.0002	8.9741	1.8051
埃及	0.0073	0.0073	0.0242	0.3327	0.0073	0	0	0	0.3324	0.4993	0.0073	0.0075	0.4993	0.1021
东亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
日本	2.1541	2.7013	1.1253	0.7024	0.2378	0.0618	0.0472	0.076	0.7024	1.2558	3.9835	13.4921	13.4921	2.2116
中国	2.9708	2.9374	2.9196	1.0185	0.9861	1.0033	0.9964	0.0008	0.505	0.5051	2.0029	1.9991	2.9708	1.4871
香港	1.0014	1.0014	1.0014	1.0315	8.8992	8.9857	8.9857	4.9996	1.0315	1.0014	1.0641	1.0014	8.9857	3.3337
韩国	0.5556	2.9879	1.1109	0.3337	0.0029	0.0024	0.002	0.1667	1.1109	0.3336	0.5556	0.1671	2.9879	0.6108
南亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
印度	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0.0417
东南亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
菲律宾	0.0019	1	2	2	2	1	1	2.9973	2.2499	2.2499	0.0019	0.0019	2.9973	1.3752
泰国	0.3333	0.9974	1	1	0.9974	0.5003	0.5003	0.3334	0.3333	0.3333	0.3333	0.0015	1	0.5553
新加坡	0.4546	0.4546	0.4546	0.4166	0.4166	0.4166	0.4166	0.1667	0.4546	0.4546	0.4546	0.4546	0.4546	0.4179
俄罗斯	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
俄罗斯	3.5479	26.7686	2.5676	1.2075	0.4354	0.2015	0.2753	0.0041	2.5676	2.6111	1.2089	3.6096	26.7686	3.7504
大洋洲	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
澳大利亚	0.037	0	0.1111	0.2593	0.3333	0.9996	0.3333	0.2593	0.0556	0.0555	0.0017	0.037	0.9996	0.2069
新西兰	0	0	0	0.0865	0.9934	0.6668	0.6668	0.0865	0	0	0	0	0.9934	0.2083
非洲南部	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
肯尼亚	0.9966	0.0012	0.3333	0.3333	0.9981	0.9998	0.9998	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.9998	0.5274
马达加斯加	0.6552	0	0.2391	0.0033	0.0464	0.039	0.039	1.4966	0.6319	0.6552	0.6552	0.6552	1.4966	0.4264
欧洲西部	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
荷兰	8.9999	0.048	0.2219	0.1178	0.1176	0.1175	0.1175	0.5003	0.1268	1.495	4.4995	8.9999	8.9999	2.1135
挪威	0.9989	0.0016	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0004	13.4998	13.4999	13.4999	2.3335
葡萄牙	2.9997	0.0188	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	2.9997	4.5004	4.5004	0.8766
瑞典	0.3579	0.0234	0.0198	0.0181	0.0049	0.0006	0.0011	0.0188	0.0196	0.0199	0.0206	0.3579	0.3579	0.0719
西班牙	0.0375	0	0	0	0	0	0	0.0005	0	0.0001	3.1663	3.1663	3.1663	0.5309
英国	2.2	0.2607	0.2265	0.208	0.0127	0.0011	0.0029	0.1656	0.2194	0.2607	2.2	2.2	2.2	0.6631
北美	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
加拿大	26.9996	26.999	26.998	26.9523	0.0477	0.0048	0.007	13.4997	26.9972	26.9985	26.9994	26.9996	26.9996	19.1253
美国	18.3319	26.8078	1.0603	1.0606	1.0606	1.0606	1.0606	1.0315	1.0606	1.2582	2.0056	18.3319	26.8078	6.1775
南美西	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
厄瓜多尔	0.8571	2.9999	0.8571	0.8571	0.0078	0.0078	0.8571	0.8571	0.8571	0.8571	0.8571	0.8571	2.9999	0.8941
智利	0.0284	0.3791	0.0424	0.0069	0.0225	0.0225	0.0088	0.0063	0.007	0.0136	0.0284	0.0424	0.3791	0.0507
南美东	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
阿根廷	0	0	0.0352	3.0002	0.0028	0.0028	0.0042	3.0002	8.9666	0	0	0	8.9666	1.251

报名号 # 1370

巴西	0.1946	0.9975	4.9997	4.9997	3.8001	3.8001	3.8001	3.8001	4.9997	4.9997	0.2083	0.1946	4.9997	3.0662
中美	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
哥斯达黎加	0.0037	0.0034	0.0056	0.0056	0.0056	0.0034	0.0034	0.0549	0.0034	0.0034	0.0037	0.0037	0.0549	0.0083
马提尼克岛	0.002	0.002	0.6	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0024	0.0008	0.6	0.6	0.002	0.6	0.151
墨西哥	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0.0417

表格 19 病毒威胁最大的疑似国家的未来 12 个月的 B 爆发情况预测值

B

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
北非西亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
突尼斯	5.9981	8.9905	0	0	0	0	0	0	0	0	5.9981	0.0017	8.9905	1.749
摩洛哥														
埃及	0.5555	0.0168	0.0363	0.0342	0.0137	0.002	0.0061	0.2222	0.0297	0.0328	0.5555	0.0078	0.5555	0.1261
东亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
日本	8.547	26.9988	8.8213	2.9879	2.6242	2.5958	2.5877	1.1208	2.9879	3.1506	3.3747	2.9181	26.9988	5.7262
中国	0.0309	0.3464	0.4219	0.3308	0.3254	0.3249	0.3251	0	0.4677	0.6637	0.6654	1.6668	1.6668	0.4641
香港	2.3337	8.9671	2.9955	1.7196	1.6151	2.9986	2.9986	2.0002	1.7196	1.0393	1.6117	2.3337	8.9671	2.6944
韩国	1.0371	0.9999	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0371	0.0029	1.0371	0.2564
南亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
印度	0.3333	0.6667	0.6667	0.9983	0.9954	0.25	0.25	0.9994	0.6667	0.25	0.6667	0.3333	0.9994	0.5897
东南亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
菲律宾	0.2	1.0001	1.6666	1.6666	1.6666	1.0001	1.0001	1.0001	0.7499	0.7499	0.2	0.2	1.6666	0.925
泰国	0.2	0.3589	0.3589	0.3589	0.3589	0.3589	0.3589	0.3333	0.3589	0.3589	0.3589	0.0023	0.359	0.3271
新加坡	0.3939	0.3939	0.3939	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3333	0.3939	0.3939	0.3939	0.3939	0.5	0.4242
俄罗斯														
中亚	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
俄罗斯	0	26.9311	10.9914	3.3967	1.5133	0.5336	0.9215	0.0008	10.9914	3.0034	2.9995	0	26.9311	5.1069
大洋洲	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
澳大利亚	0.0366	0.1111	0.1113	0.4072	0.3336	0.9999	0.3336	0.4072	0.0555	0.0553	0.0054	0.0366	0.9999	0.2411
新西兰	0	0	0	0.3702	0.371	0.9984	0.9984	0.3702	0.0186	0	0	0	0.9984	0.2606
非洲南部	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
肯尼亚	0.9978	0.9999	0.6667	0.5556	0.9977	0.9994	0.9994	0.5556	0.6667	0.5556	0.5556	0.5556	0.9999	0.7588
马达加斯加														
加	1.7998	0.0019	0.0261	2.9764	0.0383	1.4974	1.4974	0.0045	1.4974	1.7998	0	1.7998	2.9764	1.0783
欧洲西部	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
荷兰	8.9999	0.048	0.2219	0.1178	0.1176	0.1175	0.1175	0.5003	0.1268	1.495	4.4995	8.9999	8.9999	2.1135
挪威	7.7968	26.8609	9.9987	3.0231	2.0133	1.9808	1.9844	1.5013	9.9987	3.0033	7.8029	7.7971	26.8609	6.9801
葡萄牙	9	8.9586	3.0134	2.9855	0.0226	0	0	0	2.9855	3.0148	9	9	9	3.9984
瑞典	0.6668	0.9879	1	0.9998	0.0043	0.0031	0.0032	0.4999	1	0.5	0.5001	0.6668	1	0.5693
西班牙	8.8529	2.973	3.035	0.2038	0	0	0	0	1.4559	3.0148	4.502	4.502	8.8529	2.3783
英国	9	9	8.9996	8.9664	0.0042	0.0003	0.0006	0.0022	8.9936	9	9	9	9	5.9972
北美	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
加拿大	9.001	0.0001	26.6407	26.7765	0.0132	0	0	0	0.1982	0.2595	0.0001	9.001	26.7765	5.9909
美国	20.2496	26.7661	6.7359	0.0367	0.0029	0.0027	0.0028	0	0.0367	0.1972	0.1515	20.2496	26.7661	6.2026

报名号 # 1370

南美西	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
厄瓜多尔	2.3572	0.0272	2.3572	2.3572	0.0068	0.0068	2.3572	2.3572	2.3572	2.3572	2.3572	2.3572	2.3572	1.7713
智利	3.0254	9	2.9761	0.0463	8.9984	8.9984	8.9914	4.4578	4.5608	4.4784	3.0254	2.9761	9	5.1279
南美东	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
阿根廷	0.0045	0.0009	0.3352	0.3918	5.999	5.999	0.3867	0.3918	0.3984	0.1398	0.0095	0.0045	5.999	1.1717
巴西	0.3813	26.9632	1.3347	1.3347	13	13	13	13	1.3347	1.3347	0.4268	0.3813	26.9632	7.1243
中美	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9	2009.1	2009.11	2009.12	2010.1	最大值	平均值
哥斯达黎加	0	0.5714	0.0014	0.0014	0.0014	0.5714	0.5714	0	0.5714	0.5714	0	0	0.5714	0.2384
马提尼克岛	1.5	1.5	0.6	0.001	0.001	0.001	0.0034	0.001	0.0034	0.6	0.6	1.5	1.5	0.5257
墨西哥	0.9999	2.9924	1.0001	0.011	0.011	1.0001	1.0001	2.9968	2.9924	0.9999	0.01	0.01	2.9968	1.1686

二、程序:

1、求各区域各种毒株疫苗组合下的效果选出局部最优组合

clc

%用 2007-2008.1 数据估计北半球情况与用 2008.2-2008.9 数据估计南半球情况

```

% A=[3 1 0 0 30821000
% 0 0 2 0 16393000
% 3 0 0 4 65239000
% 3 1 0 0 19894000
% 0 1 0 1 30766000
% 1 0 0 1 29237000
% 2 0 0 0 10285000
% 0 5 0 4 9828000
% 0 1 0 2 23986000
% ]; %非洲的北半球部分 H1|H3|A|B 爆发程度
% % A=[15 5 0 5 31081900
% % 0 0 1 0 3936000
% % 1 1 0 0 6238000
% % 0 0 9 0 427000
% % 3 0 0 1 399000
% % 0 2 0 0 11687000
% % 1 2 0 0 6626000
% % 5 2 4 2 99969000
% % 0 0 2 2 2903000
% % 41 33 2 13 286067000
% % ]; %美洲的北半球部分 H1|H3|A|B 爆发程度
% A=[0 8 0 18 1295330000
% 7 5 0 11 6730000
% 0 1 0 1 1029991000
% 7 0 0 4 63442000
% 25 5 0 4 127100000
% 6 6 0 4 22602000

```

报名号 # 1370

% 1 0 0 1 2435000
 % 1 0 0 1 25284000
 % 8 2 0 3 78609000
 % 2 0 0 0 596000
 % 5 2 0 3 47676000
 % 0 2 0 3 3322000
 % 0 0 3 3 19399000
 % 4 4 0 6 61251000
 % 0 5 0 5 79939000
 %]; %亚洲 H1|H3|A|B 爆发程度
 % A=[10 0 2 2 8117770
 % 9 0 2 3 9986000
 % 29 2 0 3 10268000
 % 1 1 0 0 7953000
 % 10 0 0 1 4393000
 % 13 0 2 1 10269000
 % 4 0 0 3 5358000
 % 10 1 0 2 5185000
 % 13 3 0 4 59090000
 % 5 1 0 4 82386000
 % 4 0 1 1 10975000
 % 10 0 0 10 10190000
 % 1 0 1 1 284000
 % 3 0 3 4 6258000
 % 5 0 1 2 57892000
 % 5 0 1 2 2358000
 % 28 0 0 2 444000
 % 28 0 0 0 618000
 % 1 0 0 0 15896000
 % 5 0 3 4 4516000
 % 0 0 2 2 38647000
 % 11 0 0 2 10328000
 % 9 0 0 0 22413000
 % 6 4 0 4 144417000
 % 2 0 0 0 9342000
 % 3 0 0 0 5410000
 % 29 0 3 1 1991000
 % 20 4 0 6 40144000
 % 4 1 3 5 8888000
 % 30 2 1 3 7222000
 % 4 0 0 3 66229000
 % 13 2 0 4 59953000
 % 0 1 0 0 48767000
 %]; %欧洲 H1|H3|A|B 爆发程度

报名号 # 1370

```

% A=[4 0 0 1 15803000
% 7 0 0 3 15983000
% 1 1 0 2 1195000
% 20 3 0 5 43586000
% ]; %非洲的南半球部分 H1|H3|A|B 爆发程度
A=[13 0 31 42 37487000
50 0 37 97 172118000
25 0 10 6 15402000
3 0 2 3 165700
5 4 3 6 26090000
% ]; %美洲的南半球部分 H1|H3|A|B 爆发程度
A=[5 22 0 22 19358000
2 0 0 0 183000
1 69 0 72 3861000
% ]; %南半球大洋洲 H1|H3|A|B 爆发程度
% A=[0 0 0 1]; %南极洲 H1|H3|A|B 爆发程度

[n, nn]=size(A);
% A(i, 5) 为第 i 国的人口密度
P=A(:, 1:4); % H1|H3|A|B 在该洲各国爆发相对程度矩阵
C=A(:, 5); % 各国人口数
BASE=sum(C); % 该洲所有取样国的总人口和
base=sum(P');
for i=1:n
    P(i,:)=A(i, 1:4)/base(i); % 计算 H1|H3|A|B 在该洲各国爆发相对程度
    r(1), r(2), r(3), r(4), 且 r(1)+r(2)+r(3)+r(4)=1
    P(i,:)=P(i,:)*A(i, 5)/BASE; % 加权：该国人口数 p*r(i), 然后除以该洲所有取样
    国家的人口基数
end

% 计算二联装疫苗的涵盖相似度总和

if n==1
    po=P;
else
    po=sum(P);
end
SUM=[po(1)+po(2) po(1)+po(3) po(1)+po(4) po(2)+po(3) po(2)+po(4) po(3)+po(4)]

max=0;
max_index=0;
for i=1:6
    if SUM(i)>max
        max=SUM(i);

```

报名号 # 1370

```

        max_index=i;
    end
end

```

```

max
max_index

```

2、评价三联装南北半球分区投放的效果

```

% A=[4 0 0 1 15803000
% 7 0 0 3 15983000
% 1 1 0 2 1195000
% 20 3 0 5 43586000
% 13 0 31 42 37487000
% 50 0 37 97 172118000
% 25 0 10 6 15402000
% 3 0 2 3 165700
% 5 4 3 6 26090000
% 5 22 0 22 19358000
% 2 0 0 0 183000
% 1 69 0 72 3861000]%南半球

```

```

A=[3 1 0 0 30821000 13
0 0 2 0 16393000 51
3 0 0 4 65239000 77
3 1 0 0 19894000 87
0 1 0 1 30766000 58
1 0 0 1 29237000 73
2 0 0 0 10285000 56
0 5 0 4 9828000 64
0 1 0 2 23986000 115
15 5 0 5 31081900 3
0 0 1 0 3936000 77
1 1 0 0 6238000 318
0 0 9 0 427000 240
3 0 0 1 399000 354
0 2 0 0 11687000 107
1 2 0 0 6626000 62
5 2 4 2 99969000 53
0 0 2 2 2903000 21
41 33 2 13 286067000 30
0 8 0 18 1295330000 136
7 5 0 11 6730000 6317
0 1 0 1 1029991000 328
7 0 0 4 63442000 41

```

报名号 # 1370

25	5	0	4	127100000	337
6	6	0	4	22602000	72
1	0	0	1	2435000	1
1	0	0	1	25284000	196
8	2	0	3	78609000	292
2	0	0	0	596000	75
5	2	0	3	47676000	480
0	2	0	3	3322000	6389
0	0	3	3	19399000	305
4	4	0	6	61251000	127
0	5	0	5	79939000	253
10	0	2	2	8117770	97
9	0	2	3	9986000	49
29	2	0	3	10268000	339
1	1	0	0	7953000	67
10	0	0	1	4393000	79
13	0	2	1	10269000	129
4	0	0	3	5358000	126
10	1	0	2	5185000	15
13	3	0	4	59090000	110
5	1	0	4	82386000	230
4	0	1	1	10975000	80
10	0	0	10	10190000	108
1	0	1	1	284000	2
3	0	3	4	6258000	302
5	0	1	2	57892000	192
5	0	1	2	2358000	35
28	0	0	2	444000	181
28	0	0	0	618000	105
1	0	0	0	15896000	395
5	0	3	4	4516000	14
0	0	2	2	38647000	123
11	0	0	2	10328000	114
9	0	0	0	22413000	94
6	4	0	4	144417000	8
2	0	0	0	9342000	105
3	0	0	0	5410000	111
29	0	3	1	1991000	99
20	4	0	6	40144000	85
4	1	3	5	8888000	20
30	2	1	3	7222000	181
4	0	0	3	66229000	89
13	2	0	4	59953000	243
0	1	0	0	48767000	78]北半球

报名号 # 1370

```

[n,nn]=size(A);
% A(i,5) 为第 i 国的人口密度
P=A(:,1:4); % H1|H3|A|B 在半球各取样国爆发相对程度矩阵
C=A(:,5); % 各取样国人口数
BASE=sum(C); % 该半球所有取样国的总人口和
base=sum(P');
for i=1:n
    P(i,:)=A(i,1:4)/base(i); % 计算 H1|H3|A|B 在该半球各国爆发相对程度
    r(1),r(2),r(3),r(4), 且 r(1)+r(2)+r(3)+r(4)=1
    P(i,:)=P(i,:)*A(i,5)/BASE; % 加权：该国人口数 p*r(i), 然后除以该半球所有取
    样国家的人口基数
end

% 计算三联装疫苗的涵盖相似度总和

if n==1
    po=P;
else
    po=sum(P);
end
SUM=[po(1)+po(2)+po(4)]
3、BP 神经网络模型建立、训练、测试、预测
lc

p=[1 15 1 0 1 1
0 9 1 0 1 1
0 3 1 0 1 1
0 -3 1 0 1 3
0 -5 1 0 1 9
0 -5 1 0 1 27
0 -1 1 0 1 27
0 5 1 0 3 9
0 12 1 0 3 1
0 17 0 1 1 1
0 20 0 1 1 1
0 19 0 1 1 1
1 15 0 0 1 1
0 9 1 1 1 0
0 3 1 0 1 1
0 -3 1 0 1 1
0 -5 1 0 3 1
]'; % 所有数据
start=p(6,17); % 第一个预测值前节点爆发程度

```

报名号 # 1370

```

A=p;
%对输入向量及实际结果（病毒爆发程度 p(6,:)）进行归一化处理
for i=1:6
    if any(p(i,:))~=0
        A(i,:)=(p(i,:)-min(p(i,:)))/(max(p(i,:))-min(p(i,:)));
    end
end
P=A(1:2, 1:15);      %训练数据
T=A(3, 1:15);        %%%%%%%%%%%调节行变量来看是对 H1, H3 还是 B

P_test=A(1:2, 1:17);
T_test=A(3, 1:17)
threshold=[0 1;0 1];

%中间层神经元个数为 5
net=newff(threshold, [5,1], {'tansig','logsig'}, 'traincgf');

net.trainParam.epochs=10000;
net.trainParam.goal=0.035;

LP.lr=0.1;
net.trainParam.show=20;

net=init(net);
net=train(net, P, T);      %训练

% y=sim(net, P_test)
%
% figure;
% %绘制误差曲线
% %中间层神经元个数为 11
% plot(1:17, y-T_test)
% hold on;
% plot(16:17, y(16:17)-T_test(16:17), '.r')

test=A(1:2, 6:17);
out=sim(net, test) %仿真预测

M=max(p(6,:));
m=min(p(6,:));
%反归一化
predict=zeros(1, 12);
for i=1:12
    predict(i)=out(i)* (M-m)+ m;

```

报名号 # 1370

```
end
predict

%结果整理
sum=0;
MAX=0;
max_index=1;
for i=1:12
    sum=sum+predict(i);
    if MAX<predict(i)
        MAX=predict(i);
        max_index=i;
    end
end

aver=sum/12;
[predict,MAX,aver]
x=0:12;

figure;
plot(x,[start,predict],'-*',x,aver*ones(1,13),'-',max_index,MAX,'.r')
title('从2009年2月到2010年1月12个月份该病毒的预测爆发值');
xlabel('时间');
ylabel('病毒爆发的严重程度：1、3、9、27分别对应偶然、地方性、地区性、广泛爆发');
```