

A Forecast Model Based on Fuzzy Approach for the Recovery in Economy after the Earthquake*

——Illustrated by the Case in Predicting the Recovery in Japanese Economy after the Earthquake

Ke Huang, Yakun Liu, Guowen Han

School of Economy and Management, Wuhan University, Wuhan
Email: gwihan68@gmail.com

Received: Oct. 6th, 2011; revised: Oct. 24th, 2011; accepted: Nov. 5th, 2011

Abstract: At present, it lacks systematic quantitative forecasting models for the recovery in economy after the earthquake. On the other hand, only when the government makes a precise predication for the recovery of the earthquake could it have a sound and correct analysis on the earthquake to undertake proper practices for the reconstructing project after the earthquake. Therefore, after taking the similarity among disasters throughout the procedure of reconstruction into account, we establish the forecasting model via comparing several earthquakes which share most common with the target one. In addition, the degree of similarity in fuzzy mathematics is introduced here. In the empirical analysis section, the recent Japanese earthquake is used to illustrate the exactness of the model. The result of the empirical analysis shows a strong similarity between the real data and our forecasting ones. Last, in order to prove the importance for our model in the government policy after the earthquake, we thoroughly analyze the earthquake effect on our country under the section of manufacturing, energy and investment based on the economy as a whole and the main economic indicators' recovery computed from our model.

Keywords: Earthquake Forecast; Fuzzy Mathematics; Principal Component Analysis (PCA)

基于模糊贴近度的震后恢复预测模型*

——以日本地震经济恢复为例

黄珂, 刘亚坤, 韩国文

武汉大学经济与管理学院, 武汉
Email: gwihan68@gmail.com

收稿日期: 2011年10月6日; 修回日期: 2011年10月24日; 录用日期: 2011年11月5日

摘要: 现阶段, 对地震恢复的预测往往缺乏系统的量化预测机制。能否有效地对地震的恢复进行预测, 对政府正确评价和全面分析目标地震情况, 展开合理的震后重建工作有着重要的指导作用。利用巨灾从发生到重建过程具有相似性的特点, 选择历史上地震构建系统模型进行预测。在对照地震权值确定方面, 引入模糊数学中贴近度。在实证部分, 以对最近日本大地震恢复进行预测为例, 将预测模型与真实预测情况进行拟合, 效果显著。最后, 为了能够详细说明预测对政府决策的潜在重要性, 根据模型预测的日本综合恢复度和单个经济指标的恢复度, 详细的从制造业, 能源和投资三个方面探讨了本次地震对我国经济的影响。

*资助项目: 教育部规划基金 (10YJAZH024); 教育部和国家人事部留学回国人员基金(第36批); 中央高校基本科研业务费专项资金。

关键词：地震恢复预测；模糊数学；主成分分析

1. 引言

现阶段关于地震对经济影响的评价缺乏一种系统性的研究方法，大多仅仅是一种模糊定性的直观评价。然而，全面系统的评估目标地震，不仅对政府的恢复工作有着重大影响，也能更好的预测地震对于国民经济的影响。

因此，利用系统模型着重对地震的综合经济预测进行了讨论，在综合经济预测方面，本文试图利用与目标地震相似的国际重大地震进行预测¹。如何确定权目标地震相似的国际重大地震进行预测。如何确定权值是能否产生有效预测结果的关键。在学术界，现在较为流行的处理方法主要有均方误差倒数加权法，熵权法，最优化方法等。但是上述方法运用于地震研究时，均受到样本量的研制，且计算量过于繁重。考虑到地震的相似与不相似没有绝对分明的界限，本文将将其看作是一种模糊现象。接下来，利用模糊数学中处理模式识别问题的贴近度概念，对各参照地震的权重进行有效确定。

在实证分析部分，本文选择日本最近发生的9级大地震²。由于日本东北太平洋地区的大地震及其引发的海啸和核电泄漏事故，在日本造成了巨大的生命和财产损失，并且目前，日本福岛核泄漏事故的处置虽有所进展，但尚未得到有效控制，核辐射污染物仍在继续扩散。因此，利用本文的预测模型对其进行预测分析能够充分说明预测结果的重要性。

2. 模型建立

2.1. 假设

任何预测都建立在一定的前提条件和合理简化

¹ 关于利用地震相似性特性的探讨，国内学者吴绍春，吴耿锋^[1]等做了深入研究。

² 详细内容可以参考日本政府网 <http://www.kantei.go.jp/index.html>。

³ 为方便分析和计算模糊集中的贴近度，我们需要对原始统计数据如下量纲处理：

$$(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})^T = \frac{1}{y_j^*} (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj})^T$$

其中， y_{ij} 表示第 i 次对照地震第 j 项影响因素原始数据， x_{ij} 表示量纲处理后的隶属函数值，满足 $x_{ij} x_{ij} \in [0, 1]$ ， $x_{ij} x_{ij} \in [0, 1]$ 表示 n 次地震第 j 项影响因素下的最大数据值，即

$$y_j^* = \max(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj}), \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

之下，在以下的模型建立和计算中为方便计算处理，本文将本次大地震引发核泄漏所造成的损失计入地震的直接经济损失中。

本文将影响经济恢复水平的因素分为影响因素和表现因素两种类型，其中影响因素主要是确定对照地震与目标地震贴近度大小，而表现因素则用于确定对照地震的经济恢复度。

将影响因素分为基本条件和直接灾难影响两个方面。基本条件包括国家面积、人口和国内生产总值，直接经济影响包括直接经济损失，伤亡人口，震级，MMI 烈度。而对表现因素的选择，本文在充分考虑到了地震特殊性的情况下，主要参考 Charles (2009)^[2]关于经济指标的选定研究。

考虑到本文中贴近度可以理解成对照地震与目标地震相似距离的远近，因而本文可利用时间序列分析中的指数平滑法构建权值因子近似的对震后经济恢复进行预测^[3]。取 $\beta_i (i=1, 2, \dots, n)$ ，作为第 i 次对照地震指数平滑系数。并且选取 n 次对照地震的经济综合恢复度的算术平均数作为指数平滑递推式中的初始条件，即 $s_1^* = \sum_{i=1}^n \beta_i s_i / \sum_{i=1}^n \beta_i$ 。

2.2. 日本地震经济恢复预测模型

在震后经济的预测中，本文选取了对经济恢复起明显作用的 m 个影响因素。以这 m 个因素为标准，本文选择历史上与这次大地震较为相似的 n 次地震作为对照对象进行预测分析。在对照地震权重的选取上，本文引入模糊数学中模糊集的表达方式，用 x_{ij} 表示第 i 个地震的第 j 个特征影响因素的隶属函数值，其中 x_{ij} 在 0 到 1 之间取值^[4]。 n 次参照地震的影响情况可以表示成如下特征模糊矩阵³

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} = (X_1, X_2, \dots, X_n), \quad x_{ij} \in [0, 1].$$

同时，假定 x^j 为本次地震的第 j 个特征影响因素的隶属函数值，本次日本地震的特征模糊向量 X^* ：

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*), \quad x_j^* \in [0, 1].$$

根据引言，地震间相似程度可用模糊数学中贴近

度的概念进行表示。对地震间贴近度的选择上, 本文经过对主要贴近度, 如明式贴近度, 欧式贴近度和海明贴近度的测试发现, 发现欧式贴近度在避开贴近度等值情况上表现较好, 具体计算式如下⁴

$$\beta_i = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \left[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^*)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.1)$$

其中, β_i 表示第 i 次对照地震与目标地震的贴近度, x_{ij} 和 x_j^* 分别表示对照地震和本次地震特征影响因素的隶属函数值。

接下来为方便计算, 本文对 n 次对照地震的贴近度进行升序排序, 即

$$(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \rightarrow (\beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_n^*).$$

根据假设, 本文利用指数平滑法对震后经济恢复进行预测, 构造的指数平滑递推式如下

$$\begin{aligned} s^* &= \beta_n^* s_n + (1 - \beta_n^*) s_n^* \\ &= \beta_n^* s_n + (1 - \beta_n^*) [\beta_{n-1}^* s_{n-1} + (1 - \beta_{n-1}^*) s_{n-1}^*] \\ &= \dots \\ &= \beta_n^* s_n + \beta_{n-1}^* (1 - \beta_n^*) s_{n-1} \\ &\quad + \dots + \beta_1^* (1 - \beta_2^*) \dots (1 - \beta_n^*) s_1 \\ &\quad + \beta_1^* (1 - \beta_2^*) \dots (1 - \beta_n^*) s_n^*, \end{aligned} \quad (2.2)$$

其中, s^* 表示地震的预测经济综合恢复度, s_i 表示第 i 次地震半年期的经济综合恢复度⁵, s_i^* 表示第 i 次地震半年期的预测经济综合恢复度, 满足

$$s_i^* = \beta_{i-1}^* s_{i-1} + (1 - \beta_{i-1}^*) s_{i-1}^* (i = 1, 2, \dots, n).$$

接下来, 考虑到综合经济恢复度需通过多个经济指标综合进行评估, 因此本文利用多元统计中的主成分分析法^[5], 并根据实际情况进行适度调整对参照地震综

⁴ 如果仍旧存在贴近度相等情况, 可利用模糊关系系数的大小来排序: $X_{\beta_i} = \sum_{j=1}^m x_{ij} / \max_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}, i = 1, 2, \dots, n$. 其中, X_{β_i} 是利用模糊关系系数计算所得。

⁵ s_i 已经按照贴近度的大小, 进行了升序排序。

⁶ $s_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_{ij} - \bar{t}_j)(t_{ij} - \bar{t}_j), i, j = 1, 2, \dots, p$.

⁷ 利用方差贡献率 $a_i = \lambda_i / \sum_{k=1}^p \lambda_k$ 来解释主成分 F_i 所反映的信息

量大小, 而 m 的确定以累计贡献率 $G(m) = \sum_{i=1}^m a_i$ 达到 85% 以上为原则。

合恢复度进行预测, 具体构造步骤如下。

2.2.1. 构造原始数据资料阵

本文将与目标地震相似的 n 次地震作为统计样本, 并按照前面求得的贴近度大小进行升序排序, 同时选取 p 项指标作为半年期经济恢复考察中的表现因素, 得到如下原始数据资料阵:

$$\begin{pmatrix} t_{11} & \dots & t_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \dots & t_{np} \end{pmatrix} = (T_1, T_2, \dots, T_p).$$

其中, t_{ij} 表示第 i 次地震的第 j 项表现因素指标大小, $T_i = (t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ip})^T, i = 1, 2, \dots, p$ 。

2.2.2. 计算协方差矩阵并求出协方差的特征值及相应的特征向量

计算过程分两步, 首先计算对照地震的协方差矩阵: $\sum = (s_{ij})_{p \times p}$ ⁶, 其次求出协方差矩阵的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ 及相应的正交化单位特征向量 $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip})^T, i = 1, 2, \dots, p$ 。

2.2.3. 计算标准化后主成分得分

首先, 本文对于原始数据进行标准化处理, 即:

$$t_{ij}^* = \frac{t_{ij} - \bar{t}_j}{s_j}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p; \quad (2.3)$$

其中, t_{ij}^* 表示量纲标准化处理后的 i 次对照地震第 j 项表现因素, 同时标准化的矩阵记为

$T^* = (T_1^*, T_2^*, \dots, T_p^*); \bar{t}$ 表示 n 次对照地震第 j 项表现因素样本均值, 即 $\bar{t}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{ij}$; s_j 表示这 n 次对照地震第 j 项表现因素样本标准差, 即

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_{ij} - \bar{t}_j)^2}.$$

其次, 根据第二步求得的正交化单位特征向量 a_i 和标准化矩阵 T^* , 可以计算出这 n 次对照地震综合经济恢复的 m 个主成分得分⁷, 计算算式如下

$$F_i = a_{i1} T_1^* + a_{i2} T_2^* + \dots + a_{ip} T_p^*, i = 1, 2, \dots, m.$$

2.2.4. 确定对照地震综合经济恢复度

本文以方差贡献率作为权重, 计算出主成分 F_1, F_2, \dots, F_m 的加权平均数, 作为对照地震综合经济恢

复度，具体算式如下：

$$S = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_n \end{pmatrix} = (F_1, F_2, \dots, F_m) \begin{pmatrix} a_1^* \\ a_2^* \\ \dots \\ a_m^* \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

其中， S 表示对照地震综合经济恢复度向量，满足 $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T$ ， a_i^* 表示加权调整后的正交单位特征向量，满足 $a_i^* = a_i / \sum_{k=1}^m a_k, i = 1, 2, \dots, m$ 。

3. 实证分析

3.1. 计算对照地震贴近度

在模型实际运行过程中，本文选取了与日本大地震较为相似的 7 次地震作为对照地震，见表 1。

根据假设条件中的影响因素，本文将分别对每次

对照地震进行统计分析.通过对国家面积，国内生产总值，人口，MMI 烈度，震级，直接经济损失和伤亡人数 7 个特征因素量纲处理后，得到表 2。

利用本次日本地震收集到的资料⁸，得到本次地震在这七个特征因素下的特征模糊向量 $x^* = (0.04, 0.82, 0.10, 0.91, 0.99, 1.00, 0.07)$ 。因此，本文利用(2.1)式，可以得出七次对照地震的贴近度大小，并进行升序排序，如下所示：

$$\begin{aligned} & (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \\ & = (0.868, 0.448, 0.520, 0.588, 0.570, 0.421, 0.521) \\ & \rightarrow (\beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_n^*) \\ & = (0.421, 0.448, 0.520, 0.570, 0.588, 0.868) \end{aligned} \quad (3.1)$$

3.2. 计算半年期对照地震综合经济恢复度

首先，本文通过资料收集统计出了该七次地震震后半年期经济恢复的 9 项表现因素指标数据⁹，见表 3。

Table 1. Comparing earthquakes samples
表 1. 对照地震样本

国家	位置	时间
日本	神户，淡路岛，西宫	1995-1-1
中国	四川省	2008/05/12
美国	诺斯里奇	1994-1-17
智利	马乌莱，康塞普西翁	2010-2-27
意大利	阿韦利诺	2009-4-6
印尼	苏门答腊，奥夫西海岸	2004-12-26
墨西哥	米却肯州，墨西哥城	1985-9-19

注：数据来源：地球物理数据中心 <http://www.ngdc.noaa.gov/>。

Table 2. Membership functions of comparing earthquakes
表 2. 对照地震隶属函数值表

特征因素	国家面积	国内生产总值	人口	MMI 烈度	震级	直接经济损失	伤亡人数
日本(X1)	0.04	0.72	0.09	0.67	0.76	1	0.03
中国(X2)	1	0.53	1	0.58	0.87	0.91	0.5
美国(X3)	0.98	1	0.2	0.55	0.74	0.3	0
智利(X4)	0.08	0.02	0.01	0.7	0.97	0.23	0
意大利(X5)	0.03	0.35	0.01	0.61	0.69	0.12	0
印尼(X6)	0.2	0.04	0.16	0.91	1	0.08	1
墨西哥(X7)	0.2	0.03	0.06	0.85	0.89	0.03	0.05

注：数据来源：地球物理数据中心 <http://www.ngdc.noaa.gov/>。

⁸数据来源：日本国家统计局 <http://www.stat.go.jp/>。

⁹这里为方便比较，同时消除时间等干扰因素，所有统计数据将全面转换为半年期平均同比变换率。

Table 3. Semi-annual economic indicators after each comparing earthquake
表 3. 对照地震震后半年期经济恢复表现因素指标表

对照地震	国内生产总值	出口总额	进口总额	财政收入	居民消费指数	居民最终消费	政府最终消费	劳动收入	货币供应量
印尼(X*1)	1.66	30.06	43.8	21.5	7.51	3.67	-4.3	11.27	9.87
中国(X*2)	10.3	21.67	26.4	9.04	5.77	4	-0.2	18.1	16.27
美国(X*3)	3.86	7.02	10.5	19.5	2.46	15.8	15.7	3.04	1.75
墨西哥(X*4)	1.79	-7.15	1.86	63.4	61.9	2.41	-0.5	-0.61	52.91
智利(X*5)	3.94	28.18	40.6	27.3	1.07	9.32	1.3	3.41	4.23
意大利(X*6)	1.22	31.36	17.6	26.1	0.49	-1.8	0.66	2.79	0
日本(X*7)	1.49	18.55	29	4.07	0.05	1.93	3.59	2.93	3.22

注：数据来源：世界银行，中经网统计数据库和 BvD 数据库-EIU CountryData。

其次，利用了 SAS 软件对于 7 次地震的表现因素进行主成分分析^[6]，见表 4(下同)。

通过表 4，可以很直观地看出前三个主成分累积贡献率超过了 85%，已经可以代表绝大部分信息。因而，接下来本文利用主成分表达(2.4)式，可求得七次对照地震的前三个主成分得分，见表 5。

3.3. 预测本次地震综合经济恢复度

首先，根据式 2.4，求得 7 次对照地震的综合经济恢复度，见(3.2)式：

$$s^T = s_1, s_2, \dots, s_n$$

$$= (-1.069, -0.369, 1.018, 2.189, -0.543, -0.672, -0.559)$$

接下来，将先前得到的这七次对照地震的贴近度大小(3.1)式，和现在得到的综合经济恢复度(3.2)式，一并代入(2.2)式中，求出本次地震综合经济恢复度

$$s^* = 0.868 \times 0.559 + 0.078 \times -0.672 + 0.031 \times -0.543$$

$$+ 0.012 \times 2.189 + 0.006 \times 1.018 + 0.002$$

$$\times -0.369 + 0.001 \times -1.069$$

$$= -0.519$$

为能够更准确的描述本次地震恢复的具体程度，本文参考在 AHP 模型^[7]中的 9 级标度，给出恢复度的 7 级程度标度，见表 6。

根据表 6 可判断出本次地震经济恢复度隶属于第三标度，因此本文预测日本经历本次地震后经济恢复将较为缓慢，可能需要慢长时间才能逐步恢复正常。同时，由于本文将本次地震的核泄漏问题假定为单纯的经济因素，所计算出来的经济恢复度其实高估了日

Table 4. Contribution rate of principal components
表 4. 主成分发差贡献率表

主成分	特征值	上下特征值之差	发差贡献率	累积贡献率
1	2.007	0.4714	-1.471	0.4714
2	2.0236	0.622	0.248	0.7198
3	1.0259	0.1793	3.15	0.8991
4	0.21	0.0653	0.964	

Table 5. Principal components scores of comparing earthquakes
表 5. 主成分得分表

对照地震	第一主成分	第二主成分	第三主成分
印尼 (X*1)	-1.2	-1.4	-0.3
中国 (X*2)	-1.4	-0.7	2.52
美国 (X*3)	0.21	3.15	0.27
墨西哥 (X*4)	4.51	-0.7	0.31
智利 (X*5)	-1	0.14	-0.4
意大利 (X*6)	-0.4	-0.6	-1.4
日本 (X*7)	-0.8	0.18	-1

Table 6. Degree of overall economic recovery of comparing earthquakes
表 6. 恢复度程度标度表

标度	含义
I $[-\infty, -1.25)$	经济恢复程度存在很大问题，经济趋向于长期低迷状态
II $[-1.25, -0.75)$	经济恢复程度不理想，经济可能需要 1 年以上的时间才能逐渐恢复
III $[-0.75, -0.25)$	经济恢复程度较慢，不过可以预见在 1 年将慢慢恢复正常
IV $[-0.25, 0.25)$	经济已经基本恢复到原有程度，但是还需要进行后期重建工作
V $[0.25, 0.75)$	经济不仅恢复正常，并且已经渐入正常经济发展轨道
VI $[0.75, 1.25)$	经济恢复超出预期，灾难后经济平稳增长
VII $[1.25, +\infty)$	经济因为灾难获得快速增长

本本次经济的实际恢复速度。其实，不仅在控制核泄漏过程中，日本将投入大量资金和人力，更重要的是，由于核泄漏问题的不断扩大，已经严重冲击了日本贸易，卫生，制造业等行业。所以，本次日本地震的恢复度在充分考虑核泄漏问题后，如果日本不采取有效地重建措施，恢复度将可能达到第二甚至第一标度，日本经济有可能陷入长期低迷中。

同样，本文可以利用经济恢复预测模型，对于每一个单项经济表现因素进行预测¹⁰，见表7。

考虑到单个经济指标和综合经济恢复在数据处理上的相似性，本文将沿用综合经济恢复程度标度(表6)来确定单个经济指标的恢复程度¹¹。因此，本文可判定出9项单个震后经济指标的恢复度水平，为了接下来关于本次地震对于我国经济影响的预测，在这里给出了其中5项指标的分析，见表8。

3.4. 与日本实际经济恢复比较¹²

通过对日本最近公布的一系列综合经济指标的分析中后¹³，可以显著地看到日本半年来的经济恢复情况并不是很乐观，恢复周期将会超过一年以上，这

Table 7. Forecast of recovery of semi-annual individual economic indicators
表 7. 单项经济表现因素预测表

经济指标	半年期恢复度
国内生产总值	-0.582
出口总额	0.071
进口总额	0.245
财政收入	-0.887
居民消费指数	-0.463
居民最终消费	-0.532
政府最终消费	0.151
货币供应量(M2)	-0.482
劳动收入	-0.449

¹⁰ 为了剔除单个指标量纲因素的影响，我们对表3采用了(2.3)式进行量纲处理。

¹¹ 为了更好的衡量单个经济指标恢复，我们在整体经济恢复预测的基础上加了单个经济指标特定的影响因素多少进行调整，即当特定经济指标恢复度大于零时，恢复度将提高一个标度，当其小于零时，恢复度将降低一个标度。同时，我们对标度内涵上也进行了适度调整，主要变化体现在单个经济指标将作为整体经济发展水平的影响因子进行恢复判定。

¹² 详细数据指标请参见日本财务省，<http://www.mof.go.jp/>。

¹³ 主要经济指标包括8月制造业采购经理人指数为51.9，连续数月下滑；日本工矿业生产指数环比增长0.6%，大幅低于六月3.8%以及日本汽车制造商今年7月汽车产量为79万台，较去年同期的86.7万台下降8.9%，为连续第10个月出现同比产量下滑等。

与本文理论模型中的对其综合恢复判定的第三标度较为相似。

另外，对单个经济指标恢复度的判定上，本文预测模型也较为的准确。日本第二季度国内生产总值环比下降0.5%，这与本文的判断基本相符。同时，日本8月出口同比增长2.8%，远不及市场预期的增长8.2%，而8月进口同比跳涨19.2%，这也和本文的预测模型一致。在居民消费指数上，8月东京核心消费者物价指数首次环比下降0.2%，并且同月居民最终消费出现了2.3%的大幅下降，也再次验证了本文模型的准确性，具体情况见下表9。

最后，本文将对预测模型在政府震后决策中的重要性进行深入探讨。本文同样以本次日本大地震为例，在对日本经济恢复度进行模拟预测的情况下，详细分析了其对我国经济的影响。

4. 日本地震对于我国经济影响预测

由于中日之间密切的经贸关系，日本震后的恢复

Table 8. Degree of recovery of main individual economic indicators
表 8. 主要经济指标恢复程度表

经济指标	半年期恢复标度	内涵
国内生产总值	第二标度[II]	日本由于地震和核辐射影响，导致日本国内生产受到严重影响。
出口总额	第三标度[III]	出口由于受到地震导致的商业贸易中断，再加上核辐射的负面效应，未能达到正常水平。
进口总额	第五标度[V]	日本由于重建过程，将会对于基础材料进行大量进口，导致进口增产迅速。
居民消费指数	第二标度[II]	日本由于地震将陷入经济萎缩期，通货紧缩现象明显。
居民最终消费	第二标度[II]	日本在低迷经济的背景下，居民支出将大幅度下降。

Table 9. Testing goodness of fit on forecast model
表 9. 预测模型拟合程度

经济指标	最新数据(8月)	拟合程度
国内生产总值	环比下降0.5%	相差一个标度
出口总额	同比增长2.8%	一致
进口总额	同比跳涨19.2%	一致
居民消费指数	环比下降0.2%	基本一致
居民最终消费	环比下降2.3%	一致

重建势必对我国经济产生巨大程度的影响。因此，我们将从三个方面分析日本地震对我国经济的具体影响。

4.1. 制造业影响

4.1.1. 刺激我国制造业贸易发展，为我国企业扩展海外市场提供机遇

预测模型显示，日本在长达一年多的震后恢复期间，出口将一定程度的减少，而进口则会有所增加。一方面，由于日本的最大进口国和最大出口国均是我国，因此这对于拉动我国出口，扩大贸易顺差起到一定作用。另一方面，考虑到产业内贸易的存在，即由于规垄断竞争的存在，各国将会生产具有一定差别的相同类型产品，从而形成贸易竞争。由于我国和日本在很多领域(如服装，农场品，低技术电子产品^[8]等)有一定的替代性和竞争性，日本企业由于受地震的影响，被迫减少出口，从而造成一部分海外市场的暂时流失；而我国的部分产品在功能和性能上和日本产品较为接近，替代性很强，我国企业可以趁机扩大海外出口，抢占这一部分市场。由进出口半年期的恢复度可以判断，这种状况将持续近一年。之后随着震后经济的恢复，日本企业会重新争夺这一部分市场，因此后期与日本的海外市场争夺会更加激烈。

4.1.2. 日本产业链中断对于我国相关产业的连带影响

日本由于本次地震，特别是接下来爆发的核电危机，导致日本整体电力供应不足。在 J. Tierney 和 M. Nigg(1995)^[9]关于工业生产的研究中指出，电力将是决定工业正常生产的第一条件，因此，可以预计日本在多条生产链上将会长期中断。而由于日本在全球产业链中有极为重要的地位，尤其是高端电子与机电设备¹⁴，日本关键部件出口的正常与否，直接关系到国际市场产品的供应与价格。更为重要的是，Chen(2004)^[10]指出，产业链中供应链关系是一种资源，信息直线型的传播方式，因而，可以将整条产业链分为上下游连带供需关系，上游企业的任何波动，对下游企业的影响将是不可估量的^[11]。具体到我国，很多加工类企业的生产依赖于日本企业上游关键部件的供应，如汽车

零部件，电子芯片等。这次地震造成日本生产与出口受阻，在一定时期内对我国企业上游产品的供应链造成冲击，从而使我国部分企业面临关键零部件供应紧张与价格上涨的问题，压缩我国加工企业了利润空间。鉴于我国短期内无法改变现有产业链格局，这种供应紧张的局面将持续到日本出口恢复正常水平，也就是到至少一年以后。

4.2. 能源产业影响

4.2.1. 缓解我国重工产业产能过剩问题

根据我们对日本经济恢复度的预测来看，日本将会进行长达 1 年以上的重建工程，但是日本在本次地震灾难中，有超过 5 家炼钢厂受到结构性破坏，预计半年内影响 1500 万吨左右，同时，相关化工，水泥等产业均受到不同程度影响^[12]。再加上本身日本对于此类中低端产品的进口依赖，我们可以预计随着日本灾后重建的逐步展开，将会大量从国外进口建材、钢铁等，并且在政策和执行过程中给予相当程度的优惠。而正好我国的钢铁、水泥、建材等产业长期以来面临产能过剩的问题^[13]，国内市场难以消化，具有相当程度的资源浪费，所以我国相关产业，可以借这次日本地震重建之际，以价高的收益向日本进行大量出口，这对于消耗我国部分过剩的产能有积极作用。不过这只是重建期的短暂现象，不会持续很长时间，因而，我国相关企业不可因暂时的获利而盲目扩大生产，而是借此机会销售积压的物资。

4.2.2. 我国新能源产业发展格局的调整

由于本次核泄露造成的严重核污染，加剧了全球对于核能安全性的担忧，这种对核污染的恐慌和担忧将持续很长时间，全球将减缓核能的发展，包括我国在内的多个国家政府推迟了核电站的建设，转而大力支持发展太阳能、风能、生物能等无污染无安全隐患的清洁能源^[14]，而我国在这些领域已经取得了显著成就，甚至处于世界先进水平，这对于我国正在蓬勃发展的清洁能源产业将是难得的机遇。

4.3. 国际投资影响

4.3.1. 我国外汇中的日元资产风险加大

由财政收入和政府最终消费的恢复度可以判断，震后日本的财政收入会一定程度减少，而政府最终消

¹⁴ 根据《世界电子信息年鉴》统计，2010 年世界电子产品市场规模为 16500 亿美元，日本所占的比例为 10.42%，约为 1719.3 亿美元，在全球地位举足轻重。

费会因重建增加预算而扩大。这种状况将持续一年以上。这会扩大财政赤字，加重日本的财政压力，加剧日本已经很严重的债务问题¹⁵，从而使日本国债信用等级降低，日本国债的投资风险增加。我国的外汇储备中有相当一部分是日本国债，日本债务问题的加剧将威胁我国的外汇资产安全，因此我国应该减持外汇储备中的日本国债，防止可能出现的债务危机^[15]。

4.3.2. 日本对华直接投资可能增加，有利于促进我国产业结构升级

从日本劳动收入的恢复度可知，本次地震后，日本劳动工资将会在较长时间才能恢复到正常水平，同时由于核辐射的影响过为严重，海外劳工将会大量流失，这会进一步加重这种状况并且持续期更长。日本企业人力资本的外向流动，加上企业对本国震后经济状况的担忧和躲避风险的意识，从中长期来看，部分日本企业会选择移迁海外，我国作为日本最重要的投资地之一，将有机会承接这一部分外迁企业，而且相比以往日本对华的投资，这次对外投资将更多侧重于上游零部件产业的转移，同时随着制造企业的外迁，相关第三产业，如商业保险等行业将会伴随着制造业在我国进行投资。这将对于我国调整产业结构，促进制造业产业升级会起到积极作用。另外，震后日本对劳动力的需求的紧张局面，也将对我国对日本劳动力输出产生积极影响。

4.3.3. 对日承包工程的发展

鉴于本次地震破坏之剧烈，损失之惨重，特别是GDP和综合恢复度均处于第二标度。因而，日本自身经济体很难独立完成所有的重建项目，特别是在大型的工程项目，如核电站的恢复问题上，日本需要大量的资金融入。建设工程企业的参与，将会为日本国内注入大量的资金。而对我国企业，由于日本在招商引资方面处于一个被动局面，可以预见我国企业将在合同谈判中有一定优势。这为我国企业直接进入日本市场提供了难得的机遇。

5. 结论

基于模糊贴近度的核心理论，本文构建适合地震

经济恢复的量化预测模型。在模型的构建过程中，本文对多个参数进行了优化处理，并选取最近发生的日本大地震进行详细的实证研究。不管是整体经济还是单个经济指标，预测结果与实际拟合较为准确。接下来，本文对预测模型的价值进行了深入探讨，以本次日本震后经济恢复预测为例，对我国经济得出了结论如下：1) 在制造业领域，一方面地震导致的日本贸易逆转，将会刺激我国净出口行业，但另一方，日本多个行业产业链的中断也将严重影响我国相关企业的发展。2) 在能源产业领域，本次地震对我国重工业产能过剩和能源格局的调整均有着有利作用。3) 在国际投资领域，虽然地震导致了严重的汇率风险，但不管是日本对华的直接投资，还是我国进入日本市场的进度均预计将显著加强。总之，通过对日本震后经济系统定量研究，我们能够对日本地震对我国经济的影响进行准确的预测分析。因此，本文认为此预测模型可能在政府震后决策上发挥重大作用。

参考文献 (References)

- [1] 吴绍春, 吴耿锋, 王炜, 蔚赵春. 寻找地震相关地区的时间序列相似性匹配算法[J]. 软件学报, 2006, 17(2): 185-192.
- [2] E. S. Charles. Economic indicators. California: Encyclopedia of business in Today's World, 2009: 557-560.
- [3] G. B. Robert, F. M. Richard. The fundamental theorem of exponential smoothing. Operations Research, 1961, 9(5): 673-685.
- [4] M. Shimoda. A natural interpretation of fuzzy sets and fuzzy relations. Fuzzy Sets and Systems, 2002, 128(2): 135-147.
- [5] I. T. Jolliffe. Principal component analysis. New York: Springer-Verlag, 1986: 111-137.
- [6] L. D. Delwiche, J. S. Susan. The little SAS book. North Carolina: SAS Institute, 2008: 225-258.
- [7] L. S. Thomas. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 2008, 1(1): 83-98.
- [8] 程池超, 孙江明. 中日制造业国际竞争力的比较分析[J]. 世界经济与政治论坛, 2006, 4: 56-61.
- [9] J. T. Kathleen and M. N. Joanne. Business vulnerability to disaster related lifeline disruption. DRC Preliminary Papers No. 926301-B, 1995: 1-8.
- [10] I. J. Chen, A. Paulraj. Understanding supply chain management: Critical research and a theoretical framework. International Journal of Production Research, 2004, 42(1): 131-163.
- [11] 郑大庆, 张赞, 于俊府. 产业链整合理论探讨[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(2): 64-68.
- [12] 姚卫巍. 日本地震的经济冲击[J]. 资本市场, 2011, 4: 14-19.
- [13] 王立国, 张日旭. 财政分权背景下的产能过剩问题研究——基于钢铁行业的实证分析[J]. 财经问题研究, 2010, 12: 30-35.
- [14] 中国能源研究会. 关于我国能源战略及“十二五”能源规划的建议[R]. 北京: 中国能源研究会, 2011: 1-18.
- [15] International Monetary Fund. Guidelines for Foreign Exchange Reserve Management. Washington DC: International Monetary Fund, 2011: 1-26.

¹⁵2010年日本的债务已经接近本国GDP的200%，数据来源：日本财务省 <http://www.mof.go.jp/>。