

О СОВМЕСТНОМ ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕМЕННЫХ НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

Ключевые слова: инновационное развитие, системная социология

Введение

В предыдущих исследованиях автора [1-6] были выявлены, преимущественно, парные статистические зависимости между значением обобщенного индекса инновационного развития стран мира Global Index (factor scores) и следующими переменными:

- Среднее значение коэффициента интеллектуальности (IQ) населения;
- Значение индекса PDI (Power Distance Index) - готовность людей принимать неравномерность распределения власти в обществе (организациях);
- Значение индекса IDV (Individualism) - ценность индивидуальных достижений;
- Значение индекса MAS (Masculinity) - ценность напористости и жесткости в достижении целей, сосредоточенности на материальном успехе;
- Значение индекса UAI (Uncertainty Avoidance Index) - ценность четких и ясных правил деятельности, уклонение от неопределенности;
- Значение Democracy Index (уровень демократии);
- Значение KOF Index of Globalization (включенность страны в глобализацию);
- Доля респондентов с материалистическими ценностями (Materialist);
- Доля респондентов со смешанными ценностями (Mixed);
- Доля респондентов с постматериалистическими ценностями (Postmaterialist);
- Доля респондентов, считающих, что религия очень важна в жизни (Religion very important);

- Доля респондентов, считающих, что религия совсем не важна в жизни (Religion not at all important).

В таблице 1 представлены значения коэффициента корреляции Пирсона и значения R^2 между значением Global Index (factor scores) и значениями вышеперечисленных переменных для 37 стран мира, по которым имелись одновременные данные (см. Приложение).

Таблица 1

Статистическая зависимость между значениями Global Index (factor scores) и значениями переменных

Переменная	Значение коэффициента корреляции Пирсона	Значение R^2
KOF Index of Globalization	0.790**	0.624
Democracy Index	0.718**	0.516
IDV	0.697**	0.486
IQ	0.671**	0.45
Religion not at all important	0.583**	0.34
Postmaterialist	0.541**	0.293
Mixed	0.423**	0.179
UAI	-0.369	0.136
PDI	-0.691**	0.477
Religion very important	-.0585**	0.003
Materialist	-0.566**	0.32
MAS	-0.051	0.003

Примечание: **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Было установлено [1-6], что вышеперечисленные переменные статистически связаны между собой приближенно линейными и нелинейными зависимостями, что затрудняет выявление совместного влияния вышеперечисленных переменных на значение Global Index (factor scores) и выявление наиболее важных независимых переменных с использованием классического метода множественного линейного регрессионного анализа. В этой связи автор поставил следующую исследовательскую задачу:

Выявить наиболее важные переменные для статистического предсказания значений Global Index (factor scores) с учетом нелинейных взаимосвязей между переменными.

Методология

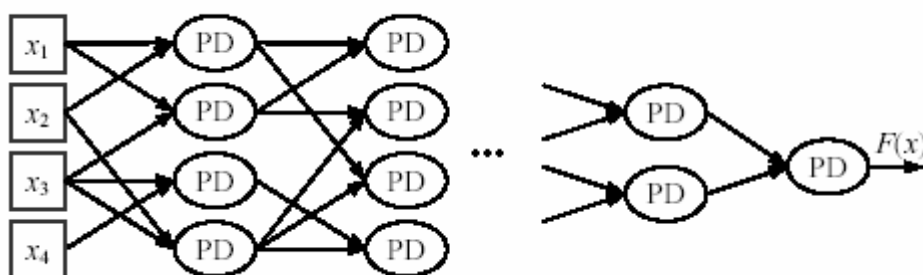
Решение поставленной задачи осуществлялось в рамках системной социологии [7]. В целом, проведенное исследование было выполнено в соответствии с методологическими требованиями Computational Sociology (вычислительной социологии) - одного из современных разделов системной социологии [7].

Методика

Для решения поставленной задачи использовались Polynomial Neural Networks (PNN), основанные на Group Method of Data Handling (GMDH) из свободно распространяемого пакета VariReg (Version 0.10.1) [8], разработанном Gints Jekabsons в Institute of Applied Computer Systems, который предназначен для автоматического построения нелинейных регрессионных моделей. Данная модель основана на «нейронной» сети и Group Method of Data Handling (GMDH) [9] - методе группового учета аргументов (МГУА) А.Ивахненко [10]. МГУА основан на теории самоорганизации моделей и предназначен для анализа и моделирования сложных систем с помощью множества полиномиальных регрессий. На рис. 1 представлена архитектура Polynomial Neural Networks (PNN), основанных на Group Method of Data Handling (GMDH).

Рис.1

Архитектура Polynomial Neural Networks (PNN)
с Group Method of Data Handling (GMDH)



где PD - partial descriptions

[Цит. по 8]

PNN (GMDH) позволяет осуществлять автоматическую селекцию переменных, оказывающих наибольшее влияние на зависимую переменную, в нашем исследовании – значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores), задавать полиномы разных порядков, осуществлять обучение «нейронной» сети по различным алгоритмам. Поскольку данный метод достаточно хорошо описан в справочной литературе пакета VariReg [8], в Интернете [9], монографии А.Ивахненко [10], которая имеется в свободном доступе в Интернете, то автор не будет описывать его в данной работе. Отметим только одно достоинство PNN (GMDH). По сравнению с традиционными «нейронными» сетями, реализованными, например, в пакете Neurosolutions [11], PNN (GMDH) позволяет выявить полиномиальные регрессии в виде аналитических формул. Перед проведением анализа, данные (см. Приложение) подвергались рандомизации.

Для селекции модели автор провел серию вычислительных экспериментов с различными архитектурами и значениями параметров Polynomial Neural Networks (PNN), основанными на Group Method of Data Handling (GMDH) и алгоритмами обучения «нейронной» сети. В частности, PNN (GMDH) вычислялись со следующими значениями параметров: Full polynomial; Sequential Forward Selection (Forward Selection or Forward Stepwise Selection), Steepest Descent Hill Climbing (SDHC), Random Restart Hill Climbing (RRHC), Sequential Floating Forward Selection (SFFS). Degree of polynomials for individual neurons =2,3,4; Layers =1,2,3. Использовались следующие вычислительные критерии автоматического подбора параметров и обучения «нейронной» сети: Corrected Akaike's Information Criterion (AICC), Schwarz's Bayesian Information Criterion (BIC), Generalized Cross-Validation (GCV), v -fold Cross-Validation (CV), Leave-One-Out Cross-Validation (LOOCV), Hold Out. В целом, селекция моделей осуществлялась по теоретическим и вычислительным критериям селекции моделей в системной социологии, детально изложенным в [12].

Полученные результаты

Ниже представлено полное решение, полученное с помощью Polynomial Neural Networks (PNN), основанных на Group Method of Data Handling (GMDH). Параметры модели: Full polynomial, Degree of polynomials for individual neurons =2, Maximum number of neurons for each layer =12, Corrected Akaike's Information Criterion (AICC), мера аппроксимации модели $R^2 = 0.851$.

Starting GMDH

Building layer #1...

Number of neurons in this layer = 12

Total number of neurons tried = 220

TrainMSE of the best neuron = 0.10601926

Crit value of the best neuron = -54.571438

Building layer #2...

Number of neurons in this layer = 12

Total number of neurons tried = 1804

TrainMSE of the best neuron = 0.05629273

Crit value of the best neuron = -13.956025

Finished

Total number of generated layers = 2 (the last is to be discarded)

Number of layers = 1

Used input variables = x0,x4,x8 (starting from x0)

The number of used input variables = 3

Crit value = -54.571438

Time (s) = 0.531

Equations

Layer #1

$$F(x) = 20.4036970749196 - 0.48883026766344*x_0 + 0.0026826563412801*x_0*x_0 + 0.0216572645581835*x_4 - 8.77429802758124E-5*x_0*x_4 - 7.92840739281638E-5*x_4*x_4 - 0.672209837439324*x_8 + 0.0106463513901828*x_0*x_8 - 0.00240761490235584*x_4*x_8 + 0.00446072535534221*x_8*x_8$$

где

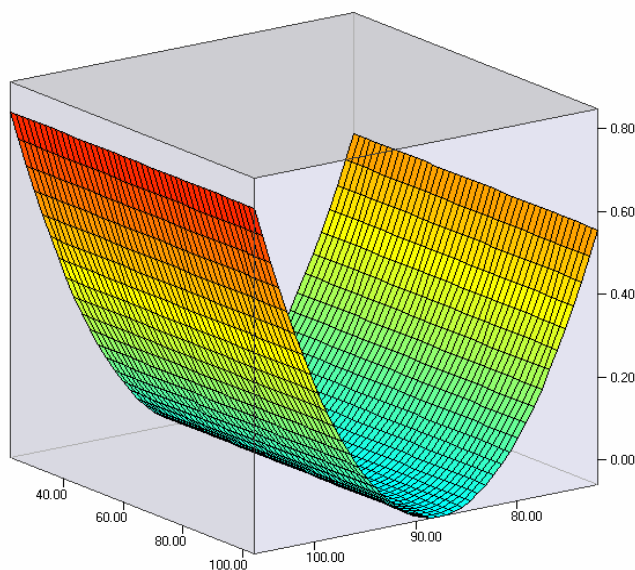
y – значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores)

x0 – среднее значение коэффициента интеллектуальности (IQ) населения

x4 – значение индекса UAI (Uncertainty Avoidance Index) - ценность четких и ясных правил деятельности, уклонение от неопределенности

x8 – значение Democracy Index (уровень демократии)

Surface



Если использовать процедуру Forward Stepwise Selection, то тогда можно упростить формулу зависимости между значением Global Index (factor scores) и переменными. Мера аппроксимации модели $R^2 = 0.794$.

Finished

Total number of generated layers = 2 (the last is to be discarded)

Number of layers = 1

Used input variables = x0,x4,x8 (starting from x0)

The number of used input variables = 3

Crit value = -62.41835

Equations

Layer #1

$$F(x) = -0.0123414933176007 \cdot x_4 - 0.822304542288485 \cdot x_8 + 0.00815349677387312 \cdot x_0 \cdot x_8 + 0.0273136544003262 \cdot x_8 \cdot x_8$$

где

y – значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores)

x0 – среднее значение коэффициента интеллектуальности (IQ) населения

x4 – значение индекса UAI (Uncertainty Avoidance Index) - ценность четких и ясных правил деятельности, уклонение от неопределенности

x8 – значение Democracy Index (уровень демократии)

Обсуждение полученных результатов

Полученные результаты хорошо согласуются с ранее полученными результатами [1-5], в частности, значение коэффициента интеллектуальности (IQ) [5] является доминирующим для инновационного развития стран мира, влияние Democracy Index [3] описывается квадратичной параболой и т.д., что может свидетельствовать в пользу адекватности полученных результатов.

По значению Democracy Index [3] Россия в 2008 году занимала 107 место среди 167 стран мира. В частности, по значению Press Freedom Index [4] Россия в 2009 году занимала 122 место среди 133 стран мира. Как показывает проведенное исследование, значение Democracy Index статистически влияет на значение обобщенного индекса инновационного развития Global Index (factor scores), по значению которого Россия в 2009 году занимала 55 место среди 96 стран мира [6].

Выводы

На основании проведенного исследования можно сделать следующий вывод:

На значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores) оказывают наибольшее совместное статистическое влияние ($R^2 = 0.851$) следующие переменные:

- Среднее значение коэффициента интеллектуальности (IQ) населения;
- Значение индекса UAI (Uncertainty Avoidance Index) - ценность четких и ясных правил деятельности, уклонение от неопределенности (чем ниже значение UAI, тем выше значение Global Index).
- Значение Democracy Index (уровень демократии).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов А.А. Размерности культуры и инновационное развитие. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
2. Давыдов А.А. Материалистические-постматериалистические ценности и инновационное развитие. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
3. Давыдов А.А. О зависимости между инновационным развитием и политическим режимом. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
4. Давыдов А.А. Глобализация и инновационное развитие: гипотеза для России. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
5. Давыдов А.А. Коэффициент интеллектуальности и инновационное развитие. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
6. Давыдов А.А. Зависимость между Global Innovation Index BCG, Innovation Capacity Index и Global Innovation Index INSEAD. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
7. Давыдов А.А. Конкурентные преимущества системной социологии. (Электронное издание) М.: ИС РАН, 2008. (<http://www.isras.ru/publ.html?id=855>), (<http://www.ecsocman.edu.ru/db/msg/324618.html>)
8. Пакет VariReg (<http://www.cs.rtu.lv/jekabsons/>)
9. Group Method of Data Handling (GMDH). (<http://www.gmdh.net/>)
10. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев.: Наукова думка, 1981. (<http://www.gmdh.net/articles/index.html>)

11. <http://www.neurosolutions.com/>

12. Давыдов А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума.
М.: ЛКИ, 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ. Переменные, используемые в анализе

Country	GI	IQ	PDI	IDV	MAS	UAI	Dem	Glob	Mat	Mixed	Post	RVI	RNI
Switzerland	2,02841	101	34	68	70	58	0,16	0,62	0,22	9,15	90,55	0,172	0,228
Sweden	1,99761	99	31	71	5	29	0,07	0,7	0,23	9,88	89,75	0,094	0,303
Finland	1,85451	99	33	63	26	59	0,16	0,6	0,24	9,25	87,31	0,175	0,15
United States	1,77927	98	40	91	62	46	0,14	0,63	0,23	8,22	78,8	0,468	0,082
Netherlands	1,69118	100	38	80	14	53	0,2	0,64	0,16	9,53	91,9	0,131	0,389
Japan	1,58156	105	54	46	95	92	0,27	0,64	0,09	8,25	68,16	0,065	0,448
Canada	1,56023	99	39	80	52	48	0,1	0,62	0,28	9,07	88,24	0,336	0,137
South Korea	1,55551	106	60	18	39	85	0,48	0,45	0,07	8,01	64,73	0,213	0,17
United Kingdom	1,49283	100	35	89	66	35	0,13	0,64	0,23	8,15	80,18	0,204	0,257
Norway	1,44529	100	31	69	8	50	0,1	0,75	0,15	9,68	83,53	0,105	0,26
New Zealand	1,32146	99	22	79	58	49	0,11	0,66	0,23	9,19	79,56	0,173	0,336
Australia	1,1894	98	36	90	61	51	0,1	0,59	0,3	9,09	83,82	0,196	0,296
Germany	1,17058	99	35	67	66	65	0,17	0,58	0,25	8,82	84,16	0,11	0,372
France	1,01236	98	68	71	43	86	0,26	0,57	0,18	8,07	86,18	0,134	0,287
Spain	0,57823	98	57	51	42	86	0,3	0,54	0,16	8,45	85,71	0,148	0,298
Malaysia	0,56731	92	104	26	50	36	0,33	0,6	0,07	6,36	73,69	0,805	0,007
Italy	0,16706	102	50	76	70	75	0,18	0,63	0,19	7,98	82,26	0,344	0,068
Chile	0,12271	90	63	23	28	86	0,27	0,57	0,16	7,89	73,74	0,373	0,09
China	-0,0106	105	80	20	66	30	0,55	0,42	0,03	3,04	62,68	0,067	0,471
Thailand	-0,0253	91	64	20	34	64	0,25	0,71	0,04	6,81	64,13	0,563	0,004
South Africa	-0,0707	72	49	65	63	49	0,4	0,53	0,07	7,91	65,6	0,707	0,028
Bulgaria	-0,086	93	70	30	40	85	0,54	0,42	0,03	7,02	75,41	0,186	0,169
Poland	-0,1329	99	68	60	64	93	0,35	0,58	0,07	7,3	81,26	0,477	0,028
India	-0,2751	82	77	48	56	40	0,44	0,51	0,05	7,8	51,26	0,514	0,055
Romania	-0,2965	94	90	30	42	90	0,48	0,48	0,05	7,06	71,51	0,58	0,024
Russia	-0,3274	97	93	39	36	95	0,52	0,45	0,03	4,48	68,91	0,128	0,19
Trinidad	-0,4033	85	47	16	58	55	0,34	0,6	0,06	7,21	58,63	0,782	0,02
Turkey	-0,4467	90	66	37	45	85	0,26	0,55	0,19	5,69	64,91	0,75	0,028
Mexico	-0,4529	90	81	30	69	82	0,23	0,62	0,15	6,78	60,92	0,59	0,034
Uruguay	-0,5531	96	61	36	38	100	0,17	0,56	0,26	8,08	65,62	0,228	0,262
Vietnam	-0,7463	94	70	20	40	30	0,25	0,67	0,08	2,53	47,78	0,072	0,196
Brazil	-0,7524	87	69	38	49	76	0,35	0,55	0,1	7,38	60,38	0,517	0,026
Indonesia	-0,764	87	78	14	46	48	0,43	0,53	0,04	6,34	57,8	0,947	0,003
Argentina	-0,7903	93	49	46	56	86	0,24	0,55	0,21	6,63	61,18	0,317	0,116
Peru	-0,8404	85	64	16	42	87	0,24	0,61	0,15	6,31	63,37	0,497	0,048
Morocco	-0,911	84	70	46	53	68	0,44	0,49	0,07	3,88	60,85	0,906	0,003
Guatemala	-1,0272	79	95	6	37	101	0,39	0,54	0,08	6,07	59,94	0,833	0,012

Примечание:

GI - Global Index (factor scores) - индекс инновационного развития стран мира

IQ - среднее значение коэффициента интеллектуальности населения

PDI (Power Distance Index) - готовность людей принимать неравномерность распределения власти в обществе (организациях)

IDV (Individualism) - ценность индивидуальных достижений

MAS (Masculinity) - ценность напористости и жесткости в достижении целей, сосредоточенности на материальном успехе

UAI (Uncertainty Avoidance Index) - ценность четких и ясных правил деятельности, уклонение от неопределенности

Dem - Democracy Index (уровень демократии)

Glob - KOF Index of Globalization (включенность страны в глобализацию)

Mat (Materialist) - доля респондентов с материалистическими ценностями

Mixed - доля респондентов со смешанными ценностями

Post (Postmaterialist) - доля респондентов с постматериалистическими ценностями

RVI (Religion very important) - доля респондентов, считающих, что религия очень важна в жизни

RNI (Religion not at all important) - доля респондентов, считающих, что религия совсем не важна в жизни