

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ

Ключевые слова: модернизация России, оптимальное управление, инновационное развитие, системная социология

Постановка задачи

В проведенных ранее исследованиях автора [1-6], было изучено статистическое влияние следующих переменных на значения обобщенного индекса инновационного развития стран мира Global Index (factor scores):

- 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 этой связи научную и практическую актуальность представляет решение следующей исследовательской задачи, сформулированной автором в терминах математической теории оптимального управления [7]:

Сравнение значений вышеперечисленных переменных по России с оптимальными значениями в группе стран-лидеров инновационного развития в социуме.

Напомним, что в математической теории оптимального управления [7] в частности, математической теории оптимизации, оптимальными значениями называют такие значения переменных, которые максимизируют значение зависимой переменной, в нашем случае, значение обобщенного индекса инновационного развития стран мира Global Index (factor scores). Вычисление оптимальных значений в теории оптимального управления [7] состоит из решения двух вычислительных задач. Сначала выявляется целевая функция между переменными. Затем с помощью методов оптимизации находят оптимальные значения переменных, которые максимизируют зависимую переменную. Данная задача является классической в математической теории оптимального управления. В этой связи отметим, что если использовать простой и традиционный подход усреднения значений вышеперечисленных переменных, например, с помощью различных мер центральной тенденции, реализованных, в частности, в пакете SPSS, то в результате нарушается взаимосвязь между значениями переменных, на «выходе» получается меньше полезной информации для теории и практики социального оптимального управления и выбранное таким образом множество числовых целей инновационного развития может оказаться недостижимым.

Решение поставленной содержательной задачи требовало решения следующих вычислительных задач:

1. Выявить целевую функцию между значениями Global Index (factor scores) и значениями переменных IQ, PDI, IDV, MAS, UAI, Democracy Index, KOF Index of Globalization, Materialist, Mixed, Postmaterialist, Religion very important, Religion not at all important для стран-лидеров инновационного развития в социуме.

2. На основе выявленной целевой функции выявить оптимальные значения переменных, которые максимизируют значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores).

Методология

Математические теории оптимального управления и оптимизации - теории математической теории систем [8] в рамках математической и социально-инженерной методологических парадигм системной социологии [9], которые давно и широко используются в теории социальных систем и практических приложениях. Проведенное исследование было выполнено в соответствии с методологическими требованиями Computational Sociology (вычислительной социологии) - одного из современных разделов системной социологии [9].

Методика

Для решения поставленных вычислительных задач, автор использовал свободно распространяемый пакет VariReg (Version 0.10.1) [10], разработанный Gints Jekabsons в Institute of Applied Computer Systems, предназначенный для автоматического построения нелинейных регрессионных моделей, а именно, Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), Adaptive Basis Function Construction (ABFC), Locally Weighted Polynomials (LWP), k-Nearest Neighbours (k-NN), Radial Basis Function (RBF) interpolation, Kriging interpolation и Polynomial Neural Networks (PNN), основанных на Group Method of Data Handling (GMDH) и автоматического вычисления оптимальных значений предикторов (независимых переменных), максимизирующих зависимую переменную в найденных нелинейных регрессиях по методу Particle Swarm Optimization (PSO).

По Particle Swarm Optimization (PSO), который разработан для моделирования динамики группового социального поведения и имеет много общего с эволюционными алгоритмами, например, генетическими алгоритмами, существуют монографии [13] и статьи в Интернете [14]. В PSO можно ограничиться заданием значений небольшого количества параметров самоорганизации, а именно, Social parameter (влияние на данного агента его соседей, определяемых неориентированным графом, вершины которого соответствуют частицам роя, а ребра связывают непосредственных соседей), Cognitive parameter (тенденция агента вернуться в положение с минимальным значением целевой функции), Number of particles и т.д., и за счет эволюционного

алгоритма самоорганизации будут найдены оптимальные значения переменных, максимизирующих целевую функцию.

Для выявления целевой функции автор использовал модель Gaussian Radial Basis Functions (GRBF) interpolation. Выбор данной модели, из множества нелинейных регрессионных моделей, реализованных в пакете VariReg [10], был осуществлен автором по теоретическим и вычислительным критериям, подробно изложенным в [15]. В частности, данная модель хорошо теоретически изучена, имелись эмпирические основания [16-17] полагать, что часть переменных, например значение коэффициента интеллектуальности (IQ), приближенно распределены в популяции по закону Гаусса (нормальному закону); данная модель широко используется в «нейронных» сетях [18] для аппроксимации нелинейных зависимостей в сложных системах и на практике доказала свою эффективность; данная модель является простой, позволяет точно аппроксимировать исходные данные, имелась возможность сравнить полученное допустимое решение (множество оптимальных значений) со средними значениями для вышеперечисленных переменных; проведенные автором разведочные вычислительные эксперименты (более ста вычислительных экспериментов) с различными моделями, реализованными в пакете VariReg [10], показали, что данная модель удовлетворяет многим содержательным и вычислительным критериям [15] принятым в системной социологии для селекции моделей.

Поскольку формулы и алгоритмы данных методов подробно изложены в «Руководстве пользователя» пакета VariReg [10] и их подробное описание имеется в Интернете, то автор их не будет описывать в данной работе.

В качестве исходных данных были использованы значения Global Index, IQ, PDI, IDV, MAS, UAI, Democracy Index, KOF Index of Globalization, Materialist, Mixed, Postmaterialist, Religion very important, Religion not at all important, для 10 стран – лидеров (Швейцария, Швеция, Финляндия, США, Нидерланды, Япония, Канада, Южная Корея, Великобритания, Норвегия) инновационного развития в социуме, по которым имелись одновременные данные. (см. Приложение). Перед проведением анализа данные подвергались рандомизации.

Поскольку очевидно, что в пакете VariReg [10] реализованы не все возможные методы выявления целевых функций и оптимизации, автор использовал только один метод выявления целевой функции и оптимизации, результаты существенно зависят от выбранных значений параметров модели и

оптимизации, то представленные ниже полученные результаты следует считать предварительными.

Полученные результаты

Ниже представлены результаты, полученные с помощью RBF GaussianLOOCV - Radial Basis Function (RBF) interpolation с Leave-One-Out Cross-Validation (LOOCV), со следующими значениями параметров: Basis functions – Gaussian, Basis functions – 10, RBF smoothing parameter = 0.5. Значения переменных стандартизировались. Мера аппроксимации модели $R^2 = 1$, т.е. полученное решение точно описывает исходные данные (см. Приложение). Particle Swarm Optimization (PSO) вычислялась со следующими значениями параметров:

- Social parameter 1,5
- Cognitive parameter 2,5
- Number of particles 200
- Number of iterations 200
- Begin inertia weight 1
- End inertia weight 0.35
- Number of restarts 10

Method: RBF Gaussian with LOOCV-ed smoothing parameter

RRMSE(0.1) = 1

RRMSE(0.2) = 1

RRMSE(0.3) = 1

RRMSE(0.4) = 0.99999944

RRMSE(0.5) = 0.99998752

RRMSE(0.6) = 1.0002044

RRMSE(0.7) = 1.0022945

RRMSE(0.8) = 1.0094288

RRMSE(0.9) = 1.0243141

RRMSE(1) = 1.0476134

Best parameter value = 0.5

Total number of basis functions = 10

Method = RBF GaussianLOOCV

RBF smoothing parameter = 0.5

Time (s) = 0.009

0. Coef=0.0806319066613948

1. Coef=-0.205810489660569

2. Coef=-0.138421023936255

3. Coef=0.155737889913888

4. Coef=-0.25341907629464

5. Coef=0.299028564986402

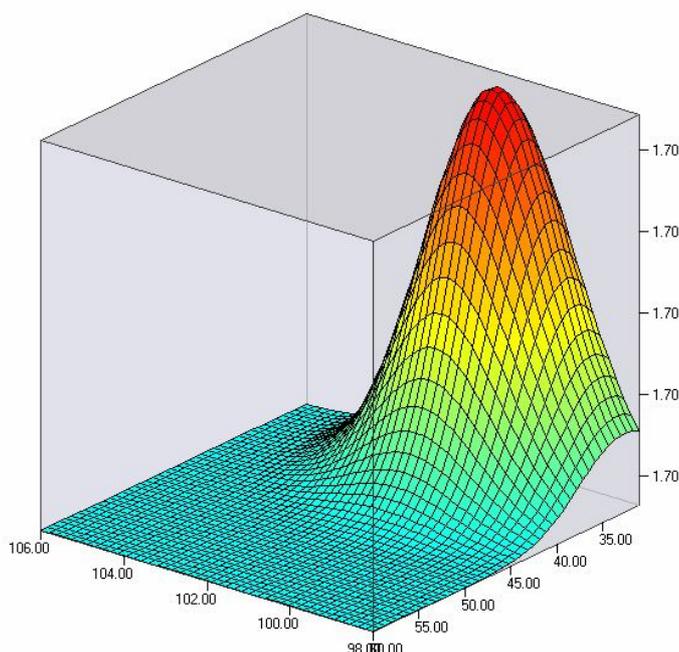
6. Coef=-0.00745963596407836

7. Coef=-0.14313

8. Coef=0.329706227010253

9. Coef=-0.11708

Surface



Particle Swarm Optimization

Results:

x0 = 101.001604181129
 x1 = 34.0049812926894
 x2 = 68.0193535532476
 x3 = 69.9865642658561
 x4 = 58.0034513140746
 x5 = 0.160074650932846
 x6 = 0.619991940602517
 x7 = 0.220137381597241
 x8 = 9.14989504278776
 x9 = 90.5543027694653
 x10 = 0.171929796061089
 x11 = 0.228010223185737
 y = 2.02840529218867
 Number of evaluations = 402 000
 Time (s) = 10.895

где

y – значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores)
 x0 – среднее значение коэффициента интеллектуальности (IQ) населения
 x1 – значение индекса PDI (Power Distance Index) - готовность людей принимать
 неравномерность распределения власти в обществе (организациях)
 x2 – значение индекса IDV (Individualism) - ценность индивидуальных достижений
 x3 – значение индекса MAS (Masculinity) - ценность напористости и жесткости в
 достижении целей, сосредоточенности на материальном успехе
 x4 – значение индекса UAI (Uncertainty Avoidance Index) - ценность четких и ясных правил
 деятельности, уклонение от неопределенности
 x5 – доля респондентов с материалистическими ценностями
 x6 – доля респондентов со смешанными ценностями
 x7 – доля респондентов с постматериалистическими ценностями

- x8 – значение Democracy Index (уровень демократии)
 x9 – значение KOF Index of Globalization (включенность страны в глобализацию)
 x10 – доля респондентов, считающих что религия очень важна в жизни
 x11 - доля респондентов, считающих что религия совсем не важна в жизни

В таблице 1 представлены значения вышеперечисленных переменных для России (см. Приложение) и значения полученных оптимальных оценок.

Таблица 1

Значения переменных для России и значения оптимальных оценок по группе стран-лидеров инновационного развития в социуме

Переменная	Россия	Оптимальные оценки
Global Index (factor scores)	-0.327	2.028
Коэффициент интеллектуальности (IQ)	97	101
PDI (Power Distance Index)	93	34
IDV (Individualism)	39	68
MAS (Masculinity)	36	70
UAI (Uncertainty Avoidance Index)	95	58
Materialist	0.52	0.16
Mixed	0.45	0.62
Postmaterialist	0.03	0.22
Democracy Index	4.48	9.15
KOF Index of Globalization	68.9	90.6
Religion very important	0.13	0.17
Religion not at all important	0.19	0.23

Из таблицы 1 следует, что максимальное различие между значениями переменных для России и оптимальными оценками по группе стран-лидеров инновационного развития в социуме, наблюдалось по следующим переменным: доля респондентов с постматериалистическими ценностями - в России меньше в 7.3 раза, Global Index (factor scores) - в России меньше в 6.2 раза, Democracy Index (уровень демократии) - в России меньше в 2 раза.

Обсуждение полученных результатов

Для сравнения, в таблице 2 представлены результаты М-оценки (взвешенная средняя оценка Tukey's Biweight, weighting constant is 4.685), вычисленная с помощью пакета SPSS, по 10-ти странам – лидерам (Швейцария, Швеция, Финляндия, США, Нидерланды, Япония, Канада, Южная Корея, Великобритания, Норвегия) (см. Приложение) и значения оптимальных оценок, полученных в данном исследовании.

Таблица 2

Значения М-оценок и значения оптимальных оценок

Переменная	М-оценка	Оптимальные оценки
Global Index (factor scores)	1.674	2.028
Коэффициент интеллектуальности (IQ)	99.5	101
PDI (Power Distance Index)	35	34
IDV (Individualism)	74.2	68
MAS (Masculinity)	43	70
UAI (Uncertainty Avoidance Index)	49	58
Materialist	0.14	0.16
Mixed	0.63	0.62
Postmaterialist	0.22	0.22
Democracy Index	8.93	9.15
KOF Index of Globalization	85.5	90.6
Religion very important	0.15	0.17
Religion not at all important	0.23	0.23

Примечание: М-оценка Tukey's Biweight, weighting constant is 4.685. Страны-лидеры инновационного развития: Швейцария, Швеция, Финляндия, США, Нидерланды, Япония, Канада, Южная Корея, Великобритания, Норвегия.

Из таблицы 2 следует, что глобальная мера подобия между М-оценками и оптимальными оценками достаточно высокая ($R^2 = 0.958$), однако, наблюдается и существенное локальное различие по значению индекса MAS (Masculinity) - ценность напористости и жесткости в достижении целей, сосредоточенности на материальном успехе, а также другие различия. Для практики социального оптимального управления локальные различия важны, поскольку позволяют выявить «скрытые резервы» для максимизации инновационного развития. В целом, вычисление оптимальных оценок позволяет получить много новой и полезной информации для теории и практики социального оптимального управления, в частности, способствует постановке новых, плодотворных исследовательских задач.

Выводы

1. Получено одно из возможных допустимых решений оптимальных значений переменных IQ, PDI, IDV, MAS, UAI, Democracy Index, KOF Index of Globalization, Materialist, Mixed, Postmaterialist, Religion very important, Religion not at all important для десяти стран-лидеров инновационного развития в социуме, которое максимизируют значение индекса инновационного развития Global Index (factor scores).
2. Выявлены сходства и различия между оптимальными значениями допустимого решения по группе из 10-ти стран-лидеров инновационного развития в социуме и значениями переменных для России.

В целом, представляется целесообразным и перспективным продолжить исследования в данном направлении для уточнения полученных результатов.

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. Kirk D. Optimal Control Theory: An Introduction. Toronto.: Dover Publications, 2004.
8. Давыдов А.А. Открытые проблемы математической теории систем. М.: ИС РАН, 2009. (http://www.isras.ru/index.php?page_id=1178)

9. 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>)
10. Пакет VariReg (<http://www.cs.rtu.lv/jekabsons/>)
11. Olsson A. Particle Swarm Optimization: Theory, Techniques and Applications. N.Y.: Nova Science Pub Inc., 2010.
12. Poli R., Kennedy J., Blackwell T., Freitas A. Particle Swarms: The Second Decade. N.Y.: Hindawi Publishing Corp US, 2008.
13. Engelbrecht A. Fundamentals of Computational Swarm Intelligence. N.Y.: Wiley, 2006.
14. Particle Swarm Optimization (PSO) (<http://technomag.edu.ru/doc/116072.html>)
15. Давыдов А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума. М.: ЛКИ, 2007.
16. Lynn R., Vanhanen T. IQ and Global Inequality. Augusta.: Washington Summit Publishers, 2006.
17. Herstein R., Murrey Ch. The bell curve: Intelligence and class-structure in American life. N.Y.: New York Publ., 1994.
18. <http://www.statsoft.ru/home/portal/applications/NeuralNetworksAdvisor/Adv-new/RBF.htm>

ПРИЛОЖЕНИЕ. Значения переменных, используемых в данном исследовании

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
Russia	-0,3274	97	93	39	36	95	0,52	0,45	0,03	4,48	68,91	0,128	0,19

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