

## МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ\*

Рассматривается актуальная тема отбора, внедрения и оценки инновационных изменений в образовании. Представлена сетевая модель с зависимостями и обратными связями, построенная с использованием метода аналитических сетей (МАС), для оценки альтернативных педагогических инноваций.

*Ключевые слова:* метод аналитических сетей, педагогические инновации, сетевые модели выгод, затрат и рисков, сетевая структура с зависимостями и обратными связями.

N.V. Ambrosov  
L.V. Zentsova

## ANALYTIC NETWORK PROCESS FOR EVALUATION OF PEDAGOGICAL INNOVATIONS

The article deals with the topical issue of selection, introduction and evaluation of innovative changes in education, and demonstrates a network model with dependences and feedbacks based on the Analytic Network Process (ANP) for evaluating alternative pedagogical innovations.

*Keywords:* Analytic Network Process (ANP), pedagogical innovations, network model of benefits, costs and risks, network structure with dependences and feedbacks.

В Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2011–2015 гг. «...обеспечение инновационного характера базового образования» является одной из приоритетных задач реализации стратегической цели государственной политики в области образования [3].

Рассматриваемая проблема возникла в образовательном процессе конкретного общеобразовательного учреждения, когда после экспериментального введения системы кураторства (один классный руководитель на параллель, начиная с седьмого класса) ее было решено расширить и начать с пятых классов общеобразовательной школы. Внедрение системы кураторства вызвало противоречивые мнения. Несомненным плюсом стало то, что куратор, имеющий, как учитель, незначительную нагрузку, гораздо больше внимания уделяет развитию и воспитанию учащихся одной параллели. Также плюсом является сбалансированность рабочего места куратора (соответствие норм деятельности куратора условиям работы и, прежде всего, размеру оплаты труда: введена ставка по оплате его труда). Минусом — реальная возможность уделять внимание развитию и воспитанию каждого

\* Печатается при финансовой поддержке проекта ФБ 40 «Повышение эффективности информационно-телекоммуникационных систем на основе свободного программного обеспечения (СПО) для бюджетных организаций».

учащегося пятой параллели (три класса по 28–30 чел.); эмоциональная и психологическая перегрузка куратора, ежедневно общающегося с коллективом ребят в 90 чел., а также трудности с подбором квалифицированных кадров, способных «управлять» таким коллективом пятиклассников, переживающих период адаптации от начальной школы к среднему звену.

Данную проблему принятия решений нельзя представить иерархической структурой, так как в ней есть зависимости и обратные связи [2]. Для решения этой задачи о расширении системы кураторства на пятые классы была построена сетевая модель с использованием метода аналитических сетей, разработанного американским ученым Т. Саати [4; 5].

#### Формализованная модель оценки педагогических инноваций

1 этап — выбор управляющих критериев для оценки педагогических инноваций и построение управляющих иерархий и сетей экспертами и ЛПР.

Для каждого управляющего критерия строится своя сеть. Образуется  $S$  — система сетей, состоящая из  $n$ -подсистем  $P_i$ , построенных на основе управляющих критериев  $K_1, \dots, K_n$ .

Подсистема  $P_i$  формируется из компонентов (кластеров)  $C_j^i$ , где

$$j = 1, \dots, r_i, \sum_{i=1}^n r_i = m.$$

Компоненты  $C_j^i$  состоят из элементов (группы показателей, характеризующих педагогическую инновацию общим свойством)  $e_{jp_k}^i$ ,  $n, m, r_i, p_k \in N$ .

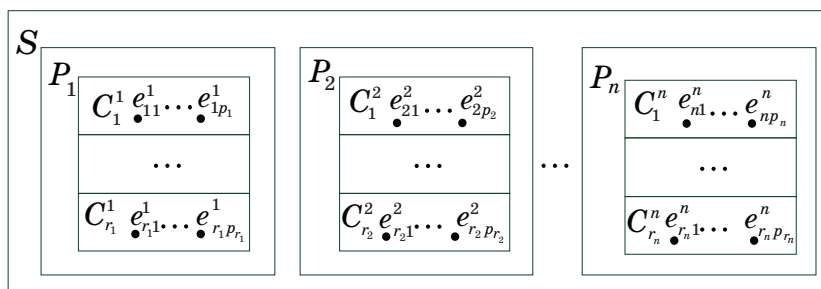


Рис. 1. Система сетей  $S$ , состоящая из подсистем  $P_1, \dots, P_n$ , построенных на основе управляющих критериев  $K_1, \dots, K_n$

2 этап — установление зависимостей и обратных связей между элементами и кластерами сетей.

Исходными данными для установления количественных соотношений влияний между элементами и кластерами сетей служат экспертные оценки по шкале отношений, полученные при попарном сравнении элементов и кластеров [4, с. 37]. На основе этих данных строятся матрицы попарных сравнений.

Для облегчения матричной записи представим сквозную нумерацию компонентов сетей и их элементов и обозначим компоненты как  $C_i$ , где  $i = 1, \dots, m$  и элементы как  $e_{ij}$ , где  $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n_m$ .

Квадратная матрица  $W_i$ , отражающая взаимные влияния компонентов подсистемы  $P_i$ , состоит из блоков  $W_{ij}$  — матриц, задающих влияние  $C_i$  компонента сети на  $C_j$  компонент и представляет собой суперматрицу [4, с. 91]:

$$W^i = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1n_1} & e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2n_2} & \dots & e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mn_m} \\ e_{11} & & & & & & & & & & & & \\ e_{12} & W_{11} & & W_{12} & & & & & & & W_{1m} & & \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ e_{1n_1} & & & & & & & & & & & & \\ e_{21} & & & & & & & & & & & & \\ e_{22} & W_{21} & & W_{22} & & & & & & & W_{2m} & & \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ e_{2n_2} & & & & & & & & & & & & \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ e_{m1} & & & & & & & & & & & & \\ e_{m2} & W_{m1} & & W_{m2} & & & & & & & W_{mm} & & \\ \dots & & & & & & & & & & & & \\ e_{mn_m} & & & & & & & & & & & & \end{pmatrix} \end{pmatrix} \cdot$$

«Главные собственные векторы матриц попарных сравнений интерпретируются как векторы приоритетов сравниваемых объектов. Из векторов приоритетов матриц попарных сравнений для элементов формируется суперматрица, для нормирования столбцов которой используются векторы приоритетов кластеров» [1]:

Каждый из столбцов матрицы  $W_{ij}$  получен как собственный вектор  $w$  задачи

$$Aw = \lambda_{\max} w, \text{ или } \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix} = \lambda_{\max} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{pmatrix}.$$

Элементы  $a_{i,j}$ ,  $i, j = 1, \dots, n$  квадратной матрицы  $A$  попарных сравнений суждений

$$A = \begin{pmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & \dots & w_1 / w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & \dots & w_n / w_n \end{pmatrix}, \text{ где } a_{i,j} = w_i / w_j > 0,$$

соответствуют значимости объекта  $i$  по сравнению с объектом  $j$ .

$a_{i,i} = 1$ . Если  $a_{i,j} = a$ , то  $a_{j,i} = 1/a$ ,  $a \neq 0$ . Матрица  $A$  — обратнo-симметричная, нормируется по столбцам.

Зависимости и обратные связи, задающие элементы суперматриц  $W_i$ , отражают влияние компонентов по каждому управляющему критерию  $K_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ . Для вычисления обобщенных приоритетов влияний по всем критериям необходимо «...объединить результаты разнородных влияний, полученные на основе нескольких суперматриц» [4, с. 94].

По построению каждая матрица  $W_{ij}$ ,  $i, j = 1, \dots, n$ , является стохастической по столбцам.

Процесс взвешивания по столбцам блоков  $W_{ij}$  суперматрицы  $W^i$  в соответствии с весами компонентов (кластеров) превращает  $W^i$  в стохастическую.

Вычисление предельной суперматрицы  $\lim_{k \rightarrow \infty} (W^i)^k$  позволяет вычислить обобщенные приоритеты. В зависимости от свойств суперматрицы возникают два случая:

1. «Все столбцы предельной суперматрицы идентичны, и каждый из них содержит относительные приоритеты всех элементов...»

2. При возведении матрицы в степень возникает цикличность ее форм. В этом случае предельные приоритеты различных форм усредняются и затем нормализуются для каждого кластера» [4, с. 260].

#### *Оценка педагогических инноваций методом аналитических сетей*

На первом этапе построения сетевой модели с использованием метода аналитических сетей определены заинтересованные стороны (участники, акторы). Это ученики и их родители, учителя, администрация образовательного учреждения и учредитель.

На втором этапе — сформулированы критерии в управляющих иерархиях выгод, издержек и рисков и определены их приоритеты из матриц попарных сравнений.

Рассматривались две альтернативы:

1. Традиционный подход: классный руководитель в каждом 5 классе, *КлРук*.

2. Один куратор на параллель учащихся 5 классов, *К5*.

Модель содержит три подсети, связанные с выгодами, затратами и рисками (три управляющих критерия). Сети построены из кластеров, которые содержат элементы (узлы) со связями между кластерами и связями между узлами.

«Кластер — подмножество взаимосвязанных элементов, объединение которых дает дополнительные свойства, отсутствующие у отдельных элементов» [1].

Выгоды:

- экономическая эффективность;
- индивидуальное образовательное сопровождение (обеспечение процесса самоопределения личности учащегося);
- тиражируемость инновации;
- согласованность с образовательной средой.

С помощью программы SuperDecisions, реализующей метод аналитических сетей, строятся модели выгод, затрат и рисков и проводятся вычисления.

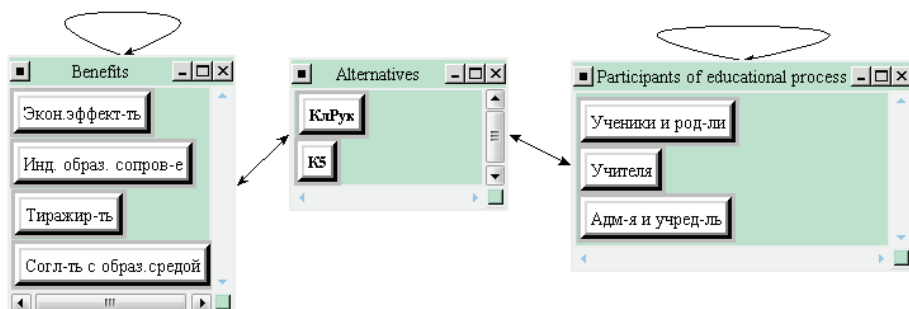


Рис. 2. Сетевая модель выгод для задачи о расширении системы кураторства

Издержки:

- эмоциональная, психологическая и физическая перегрузка педагога;
- соответствие должности;
- материальное стимулирование педагога;
- подготовка квалифицированных кадров.

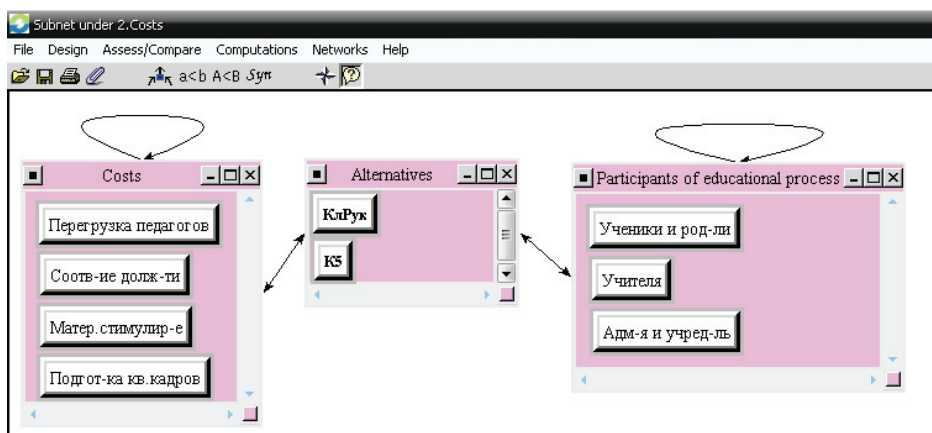


Рис. 3. Сетевая модель издержек для задачи о расширении системы кураторства

#### Риски:

- снижение результативности работы педагога;
- увеличение количества учащихся (увеличение нагрузки на педагога, как следствие улучшения демографической ситуации в России — увеличение количества учащихся в классе, на параллели);
- несбалансированность рабочего места (несоответствие норм деятельности условиям работы и оплаты);
- рост формализма в организации воспитания.

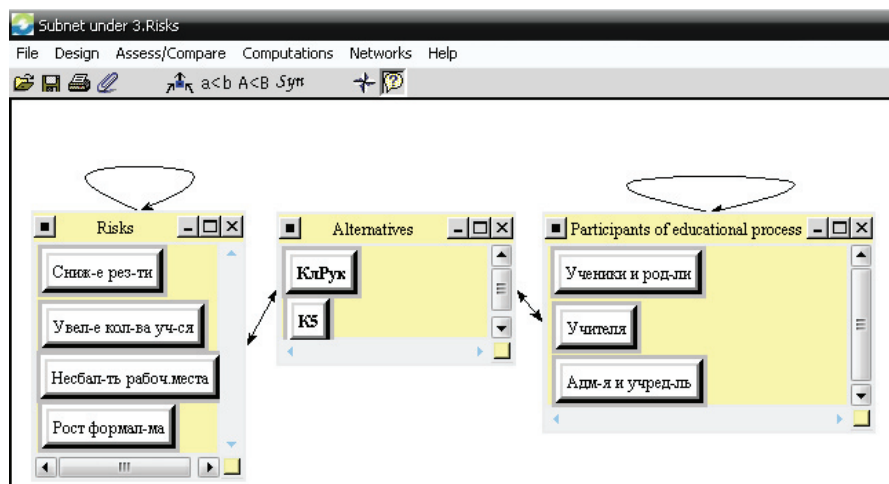


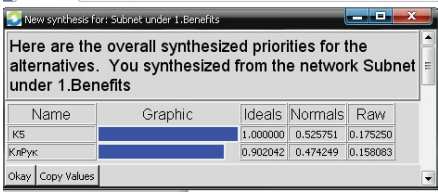
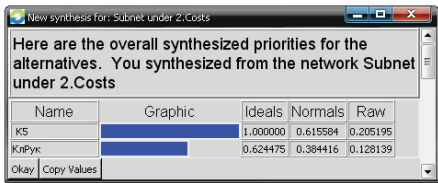
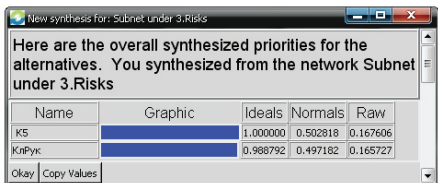
Рис. 4. Сетевая модель рисков для задачи о расширении системы кураторства

Таблица 1

#### Матрица приоритетов кластеров для анализа выгод решения

Кластеры	Участники	Выгоды	Альтернативы
Участники	0,5	0	0,833
Выгоды	0	0,5	0,167
Альтернативы	0,5	0,5	0

Результаты, полученные с использованием сетевых моделей выгод, издержек и рисков

Выгоды	 <p>Альтернатива К5 самая выгодная в сетевой модели выгод</p>
Издержки	 <p>Альтернатива К5 самая дорогая в сетевой модели издержек</p>
Риски	 <p>Альтернатива К5 самая рискованная в сетевой модели рисков</p>

Столбец «Normals» показывает нормализованные приоритеты альтернатив. Столбец «Ideals» показывает результат, полученный делением значений нормализованного или предельного столбцов на наибольшее значение. Столбец «Raw» показывает приоритеты альтернатив из предельной суперматрицы.

Анализ чувствительности

Анализ чувствительности для модели выгод представлен на рис. 5.

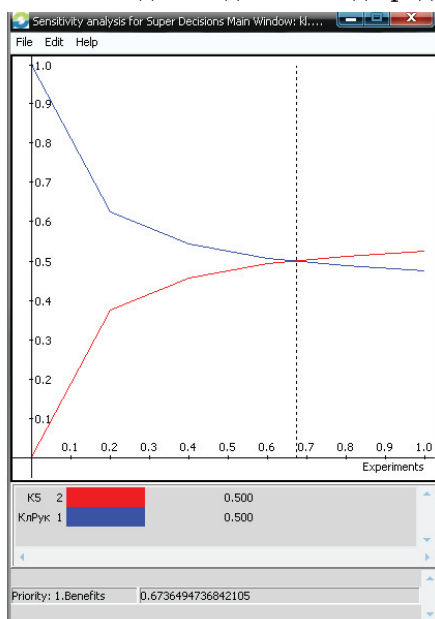


Рис. 5. Анализ чувствительности для модели выгод

В анализе чувствительности для модели выгод управляющий критерий «выгоды» выбран в качестве независимой переменной. По графику видно, что если приоритет выгод становится больше, чем 0,67, альтернатива кураторства становится предпочтительнее.

Анализ чувствительности для модели издержек показал, что альтернатива кураторства является самой дорогой, предпочтение отдается альтернативе классного руководства. При приоритете издержек 0,1 обе альтернативы имеют одинаковый ранг предпочтения. При приоритете издержек меньше 0,1 порядок ранжирования альтернатив меняется.

Анализ чувствительности для модели рисков показал, что наибольший риск всегда будет представлен альтернативой кураторства, а классное руководство будет лучшим выбором.

Аддитивный нормализованный результат синтеза заключительных приоритетов альтернатив для классного руководства — 0,56, для кураторства — 0,44. Мультипликативный нормализованный результат 0,59 и 0,41 соответственно. Вывод: лучшая альтернатива для параллели пяти классов — остаться на старых позициях классного руководства.

Применение метода аналитических сетей в качестве основы методики оценки педагогических инноваций позволяет оценить альтернативы с точки зрения характеризующих инновации групп показателей по различным критериям и предлагает убедительный инструментарий оценки инноваций, напрямую влияющих на качество образования.

### Список использованной литературы

1. Аверченков В.И. Математическое моделирование анализа и обоснования решений по выбору оптимальной конфигурации программно-технических средств на основе применения сетевых моделей принятия решений [Электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.Г. Подвесовский, С.М. Брундасов // Региональная экономика в информационном измерении: модели, оценки, прогнозы: сб. науч. тр. / под ред. Е.Ю. Иванова, Р.М. Нижегородцева. — М.; Барнаул: Изд-во «Бизнес-Юнитек», 2003. — URL: [www.econ.asu.ru/lib/sborn/regec2003/pdf/21.pdf](http://www.econ.asu.ru/lib/sborn/regec2003/pdf/21.pdf) (дата обращения: 17 июня 2012 г.).

2. Амбросов Н.В. Рейтинговая оценка педагогических инноваций на основе метода анализа иерархий / Н.В. Амбросов, Л.В. Зенцова // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права) (электронный журнал). — 2011. — № 6. — URL: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=10594>. (Идентификац. номер статьи в НТЦ «Информрегистр» 0421100101\0334).

3. Концепция Федеральной целевой программы развития образования на 2011–2015 гг.: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 февр. 2011 г. № 163-р [Электронный ресурс]. — URL: <http://fip.kpmo.ru/fip/info/13430.html> (дата обращения: 26 июня 2012 г.).

4. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети: пер. с англ. / Т. Саати; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. — 2-е изд. — М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 360 с.

5. Saaty T.L. Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks / T.L. Saaty, L.G. Vargas. — New York: Springer, 2006. — 280 p.

### References

1. Averchenkov V.I. Matematicheskoe modelirovanie analiza i obosnovaniya reshenii po vyboru optimal'noi konfiguratsii programmno-tekhnicheskikh sredstv na osnove primeneniya setevykh modelei prinyatiya reshenii [Elektronnyi resurs] / V.I. Averchenkov, A.G. Podvesovskii, S.M. Brundasov // Regional'naya ekonomika v informatsionnom izmerenii: modeli, otsenki, prognozy: sb. nauch. tr. / pod



red. E.Yu. Ivanova, R.M. Nizhegorodtseva. — M.; Barnaul: Izd-vo «Biznes-Yunitек», 2003. — URL: [www.econ.asu.ru/lib/sborn/regec2003/pdf/21.pdf](http://www.econ.asu.ru/lib/sborn/regec2003/pdf/21.pdf) (data obrashcheniya: 17 iyunya 2012 g.).

2. Ambrosov N.V. Reitingovaya otsenka pedagogicheskikh innovatsii na osnove metoda analiza ierarkhii / N.V. Ambrosov, L.V. Zentsova // Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii (Baikal'skii gosudarstvennyi universitet ekonomiki i prava) (elektronnyi zhurnal). — 2011. — № 6. — URL: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=10594>. (Identifikats. nomer stat'i v NTTs «Informregistr» 0421100101\0334).

3. Kontseptsiya Federal'noi tselevoi programmy razvitiya obrazovaniya na 2011–2015 gg.: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 7 Febr. 2011 g. № 163-r [Elektronnyi resurs]. — URL: <http://fip.kpmo.ru/fip/info/13430.html> (data obrashcheniya: 26 iyunya 2012 g.).

4. Saati T. Prinyatie reshenii pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh: Analiticheskie seti: per. s angl. / T. Saati; nauch. red. A.V. Andreichikov, O.N. Andreichikova. — 2-e izd. — M.: Kn. dom «LIBROKOM», 2009. — 360 s.

5. Saaty T.L. Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks / T.L. Saaty, L.G. Vargas. — New York: Springer, 2006. — 280 p.

### Информация об авторах

*Амбросов Николай Владимирович* — доктор экономических наук, профессор, кафедра информатики и кибернетики, Байкальский государственный университет экономики и права, г. Иркутск, e-mail: [ambrosov@isea.ru](mailto:ambrosov@isea.ru).

*Зенцова Людмила Владимировна* — аспирант, кафедра информатики и кибернетики, Байкальский государственный университет экономики и права, г. Иркутск, e-mail: [lyus2004@mail.ru](mailto:lyus2004@mail.ru).

### Authors

*Ambrosov Nikolay Vladimirovich* — Doctor of Economics, Professor, Chair of Computer Science and Cybernetics, Baikal State University of Economics and Law, Irkutsk, e-mail: [ambrosov@isea.ru](mailto:ambrosov@isea.ru).

*Zentsova Lyudmila Vladimirovna* — post-graduate student, Chair of Computer Science and Cybernetics, Baikal State University of Economics and Law, Irkutsk, e-mail: [lyus2004@mail.ru](mailto:lyus2004@mail.ru).