УДК 004.9

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВУЗА

Зотов И.В., Титова Г.С.

ФБГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: galia_titova@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы создания системно-динамических моделей, используя положения теории Гренандера, что позволит проектировать информационно-аналитические модели (ИАС), наиболее отвечающие предъявляемым требованиям со стороны вуза. Во введении рассматривается сложившаяся в вузах ситуация, возникшая при переходе на новую систему обучения. В основной части выдвинуто предложение по устранению возникшей проблемы, построена СД-модель перепрофилирования студентов, описано функционирование данной модели. В итоге создан шаблон, имитирующий СД-модель процесса отбора кандидатов на перепрофилирование.

Ключевые слова и словосочетания: системно-динамическая модель, математический аппарат, шаблоны

APPLICATION OF SYSTEM – DYNAMIC MODELS DURING CREATION OF INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEMS OF HIGH SCHOOL

Zotov I.V., Titova G.S.

Southwest State University, Kursk, e-mail: galia_titova@mail.ru

In his article «The use of system-dynamic models in the creation of information-analytical systems the university», discusses the creation of system-dynamic models, using the theory of Grenander, which will design the information and analytical model (IAS), the most relevant requirements of the university. In the introduction we consider the established universities in the situation that arose during the transition to a new system of education. The main part of a proposal to eliminate the problem, based SD-model conversion students, described the operation of this model. As a result, created a pattern that simulates the SD – the model selection process for conversion.

Keywords and phrases: system-dynamic model, the mathematical apparatus, templates

Все более актуальной становится возможность формирования системно-динамических моделей для реализации информационно-аналитических систем вуза в связи с переходом системы высшего образования на схему подготовки «бакалавр – специалист/магистр». При реализации перехода вузам будет необходимо провести анализ возможных вариантов для выбора наиболее эффективного с учетом как экономических факторов, так и, возможно, социальных.

Готовые решения не отвечают предъявляемым требованиям, так как не учитывают специфику осуществляемого анализа.

Сложившаяся ситуация может приводить к ошибкам при отборе кандидатов. Для решения обозначенной проблемы необходима оптимизация подразделений отбора кандидатов. Указанной проблемой занимается ряд ведущих российских вузов.

В Институте информатики и математического моделирования КНЦ РАН с помощью программного комплекса разработаны системно-динамические модели основных отраслей экономики региона (Мурманской области), таких как промышленный, топливно-энергетический, транспортно-коммуникационный и агропромышленный комплексы, а также трудовых ресурсов региона. Работы проводились в рамках региональной программы «Разработка стратегии экономического развития Мурманской области до 2015 г.».

Наиболее активно разработки в этом направлении ведутся в Институте информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН.

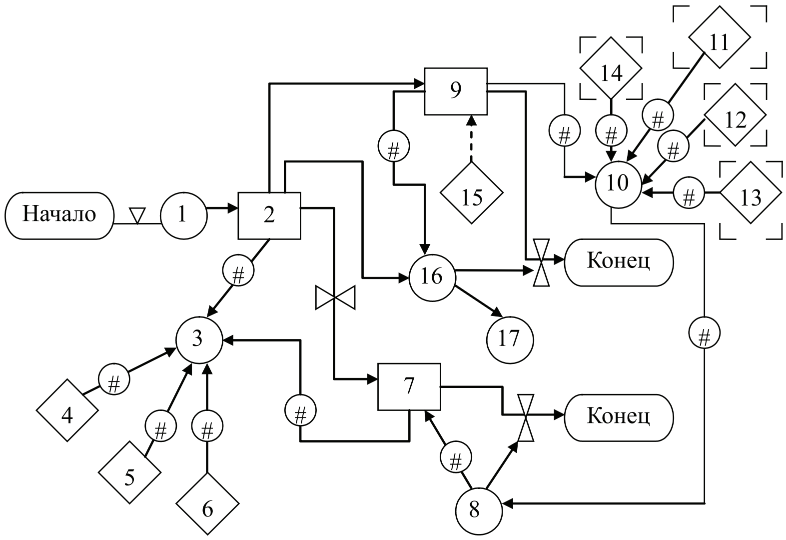
Проведя всесторонний анализ имеющейся литературы и накопленного опыта разработок можно сделать вывод о том, что СД-модели эффективнее всего создавать, используя положения теории шаблонов.

В качестве основы создания моделей был выбран метод системной динамики. Учитывая предыдущий опыт разработок научно-исследовательских институтов, разработана системно-динамическая модель (СД-модель) перепрофилирования студентов вуза (рисунок).

Функционирование данной СД-модели можно наглядно описать с помощью следующего математического аппарата.

Пусть множество $Q = \{q_1, q_2, ..., q_m\}$ – множество родственных специальностей, т.е. множество вариантов, которые подлежат многокритериальному анализу.

Пусть $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$ – множество количественных и качественных критериев, которыми оцениваются варианты.



СД-модель анализа перепрофилирования студентов вуза:
1 – общее количество студентов; 2 – студенты, кандидаты на перепрофилирование; 3 – студенты n-специальности; 4 – востребованность n-специальности; 5 – профессорско-преподавательский состав; 6 – материальная база n-специальности; 7 – n-специальность; 8 – выпускники n-специальности; 9 – дефицит специалистов m-специальности; 10 – переход из n-специальности в m; 11 – необходимый минимум n-специальности; 12 – востребованность m-специальности; 13 – материальная база m-специальности; 14 – профессорско-преподавательский состав m-специальности; 15 – специальные предметы m-специальности; 16 – выпускники m-специальности; 17 – серия переменных данных; # – переход; [ ] – анализ

Пусть $\mu^l(q_i)$ – число в диапазоне [0,1], которое характеризует уровень оценки варианта $q_i \in Q$ по критерию $b_i \in B$: чем больше число $\mu^l(q_i)$, тем выше оценка варианта по критерию $b_i \in B$, $i = \overline{1,m}$, $l = 5$. Тогда критерий $b_i \in B$ можно представить в виде нечеткого множества $\overline{b_l}$, которое задано на универсальном множестве Q таким образом:

$$\overline{b_l} = \left\{ \frac{\mu^l(q_1)}{q_1}, \frac{\mu^l(q_2)}{q_2}, \ldots, \frac{\mu^l(q_m)}{q_m} \right\},$$

где $\mu^l(q_i)$ – степень принадлежности элемента q_i к нечеткому множеству $\overline{b_l}$.

Для определения степеней принадлежности, которые входят в $\overline{b_l}$, используем метод парных сравнений вариантов по каждому критерию. Общее количество матриц сравнения равняется 5.

Для критерия $b_i \in B$ построим матрицу парных сравнений:

$$\ddot{A}^1 = \begin{array}{c} q^1 \\ q^2 \\ \ldots \\ q^m \end{array} \begin{bmatrix} d_{11}^1 & d_{12}^1 & \ldots & d_{1m}^1 \\ d_{21}^1 & d_{22}^1 & \ldots & d_{2m}^1 \\ \ldots\ldots & & & \\ d_{m1}^1 & d_{m2}^1 & \ldots & d_{mm}^1 \end{bmatrix},$$

где элемент d_{ij}^l оценивается экспертом по 9-балльной шкале Саати.

Если известна k-я строка, то произвольный элемент рассчитывается:

$$d_{ij}^l = \frac{d_{kj}^l}{d_{ki}^l}, \quad i, j, k = \overline{1,m}; \quad l = \overline{1,5}.$$

Степени принадлежности, необходимые для формирования нечеткого множества:

$$\mu^l(q_i) = \frac{1}{d_{i1}^l + d_{i2}^l + \ldots + d_{im}^l}.$$

Базируясь на принципе Беллмана – Заде, наилучшей системой будет та, которая одновременно лучшая по критериям b_1, b_2, b_3, b_4, b_5. Поэтому:

$$\mathring{A} = \left\{ \frac{\min\limits_{l=1,2,3,4,5} [\mu^l(q_1)]}{q_1}, \frac{\min\limits_{l=1,2,3,4,5} [\mu^l(q_2)]}{q_2}, \ldots, \frac{\min\limits_{l=1,2,3,4,5} [\mu^l(q_m)]}{q_m} \right\}.$$

Согласно полученному множеству $\overset{\circ}{A}$, наилучшей системой следует считать тот вариант, для которого степень принадлежности является наибольшей.

В данном случае критерии нельзя считать равновесными, поэтому: пусть $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ – коэффициенты относительной важности (ранги) критериев b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 такие, что $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 = 1$. Для определения коэффициентов β_i необходимо сформировать матрицу парных сравнений важности критериев $b_i \in B$, аналогичную $\ddot{A}^1$, и воспользоваться формулой, определяющей $\overset{\circ}{A}$.

Учитывая коэффициенты важности β_i, формула степеней принадлежности принимает вид:

$$\overset{\circ}{A} = \left\{ \frac{\min\limits_{l=1,2,3,4,5} [\mu^l(q_1)]^{\beta_1}}{q_1}, \frac{\min\limits_{l=1,2,3,4,5} [\mu^l(q_2)]^{\beta_2}}{q_2}, \ldots, \frac{\min\limits_{l=1,2,3,4,5} [\mu^l(q_m)^{\beta_m}}{q_m} \right\},$$

где β_i свидетельствует о концентрации нечеткого множества $\overline{b_l}$ в соответствии с мерой важности критерия $b_i \in B$.

После того, как элементы множества Q упорядочены в соответствии с критериями B решение задачи распределения количества студентов осуществляется по алгоритму:

- Определяется набор специальностей, родственных дефицитной.
- Анализируются критерии отбора, в частности, рабоче-учебные планы.
- Выясняется, удовлетворена ли потребность в специалистах.
- Если нет, то специальность исключается из списка рассмотрения и происходит возврат к набору специальностей.
- Если же потребность удовлетворена, то алгоритм выбора специальности заканчивается.

Пусть:

$$\left\{ X_g = x_{ij}, x_{ij} \in \left[0, x_{il}^+\right], i = \overline{1,m}, j = \overline{1,k} \right\}, \quad g = \overline{1,T}$$

матрицы, содержащие количество студентов, обучаемых на первой родственной специальности;

$$\left\{ Y_g = y_{ij}, y_{ij} \in [0, y_{ij}^+], i = \overline{1,m}, j = \overline{1,k} \right\}; \quad g = \overline{1,T}$$

матрицы, содержащие количество студентов, обучаемых на второй родственной специальности:

$$\left\{ Z_g = z_{ij}, z_{ij} \in [0, z_{ij}^+], i = \overline{1,m}, j = \overline{1,k} \right\}; \quad g = \overline{1,T}$$

матрицы, содержащие количество студентов, обучаемых на третьей родственной специальности:

$$N = \left\{ N_{ij}, N_{ij} \in [N_{ij}^-, N_{ij}^+], i = \overline{1,m}, j = \overline{1,k} \right\}, \quad g = \overline{1,T}$$

матрица потребности в студентах на дефицитной специальности.

Множеством возможных альтернатив при решении данной задачи является $\{M = m_m\}$, из этих комбинаций выбираем оптимальную так, чтобы

$$P_{ij} \le \sum_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj} \le P_{ij}^+.$$

Представим нечеткую цель G как нечеткое множество с функцией принадлежности:

$$\mu_G(m_m) = \begin{cases} 0, \left(\sum\limits_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj} \right) \le P_{ij}^-; \\ \dfrac{\sum\limits_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj}}{\left(P_{ij}^+ - P_{ij}^-\right)/2}, \left(\sum\limits_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj} \right) \le \dfrac{P_{ij}^+ - P_{ij}^-}{2}; \\ \dfrac{\left(P_{ij}^+ - P_{ij}^-\right)/2}{\sum\limits_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj}}, \left(\sum\limits_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj} \right) \ge \dfrac{P_{ij}^+ - P_{ij}^-}{2}; \\ 0, \left(\sum\limits_{k=1}^{m} z_{kj} + y_{kj} + x_{kj} \right) \ge P_{ij}^+. \end{cases}$$

Нечеткие ограничения, влияющие на решение поставленной задачи, можно представить как нечеткие множества:

$$\mu_C(x,y,z)=\left(1+\alpha\left(\sum_{k=1}^{m}(x_{kj}+y_{kj}+z_{kj})-\frac{O_{ij}}{2}\right)\right)^{-1},$$

где $O_g=\left\{o_{ij},o_{ij}\in[0,o_{ij}^{+}],i=\overline{1,m},j=\overline{1,k}\right\}$;

– матрица, содержащая ограничения на количество студентов; C – количество студентов на специальности; F – финансирование специальности.

Расходы на обучение студентов не должны превышать запланированных средств.

$$\mu_F(x,y,z)=\frac{1}{1+\left(G_t-\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k}A_{ijt}\right)},$$

где $A_{ijt}=V_{ijt}\cdot X_{ijt}\cdot C_{ijt}$.

Нечетким решением задачи будет множество P, представляющее собой пересечение множества альтернатив и множеств ограничений $P=F\cap C\cap G$..

Функция принадлежности для пересечения примет вид:

$$\mu_{F\cap C\cap G}=\begin{cases}0, & \left(\sum\limits_{k=1}^{m}z_{kj}+y_{kj}+x_{kj}\right)\le P_{ij}^{-};\\ \min\left(\mu_F,\mu_C,\mu_G\right), & \left(\sum\limits_{k=1}^{m}z_{kj}+y_{kj}+x_{kj}\right)\le\dfrac{P_{ij}^{+}-P_{ij}^{-}}{2};\\ \min\left(\mu_F,\mu_C,\mu_G\right), & \left(\sum\limits_{k=1}^{m}z_{kj}+y_{kj}+x_{kj}\right)\ge\dfrac{P_{ij}^{+}-P_{ij}^{-}}{2};\\ 0, & \left(\sum\limits_{k=1}^{m}z_{kj}+y_{kj}+x_{kj}\right)\ge P_{ij}^{+}.\end{cases}$$

Добавив весовые коэффициенты, характеризующие относительную важность составляющих элементов, получим μ_ρ в следующем виде:

$$\mu_\rho=\alpha\mu_F+\delta\mu_C+\gamma\mu_G,$$

где α, δ, γ – функции принадлежности такие, что:

$$\sum\alpha+\delta+\gamma=1.$$

В дальнейшем алгоритм решения задачи сводится к следующему:

- Удаляем из универсального множества решения, заранее являющиеся неудовлетворительными (например, решения, содержащие все нули).
- Вычисляются функции принадлежности оставшихся комбинаций решений.
- Выбираем оптимальное решение с помощью метода слияния целей и ограничений.

Итогом исследования является создание шаблона, имитирующего СД-модель процесса отбора кандидатов на перепрофилирование.

Созданный шаблон используется в автоматизированной системе, так как содержит алгоритм отбора претендентов. Для реализации поставленной задачи создана информационно-аналитическая система отбора кандидатов на переподготовку и перепрофилирование.

Список литературы

1. Абакарова О.Г. Принципы построения информационных систем в управлении образованием // Современные информационные технологии в проектировании, управлении и экономике: сборник научных трудов. – Махачкала: ДГТУ, 2009. – С. 3–8.

2. Быстров В.В., Кодема В.А. Разработка информационной системы автоматизации синтеза структуры динамических моделей сложных систем // Информационные технологии в региональном развитии. – Апатиты, 2006. – Вып. VI. – С. 93–96.

3. Гренандер У. Лекции по теории образов. Синтез образов. – М.: Мир, 1979. – 384 с.

4. Лексиков А.Н., Олейник А.Г. Моделирование региональной системы профессионального образования // Системный анализ и информационные технологии САИТ-2007: Вторая Междунар. конф. (10–14 сентября 2007 г., г. Обнинск, Россия): в 2 т. Т. 1. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – С. 274–276.

5. Шуткин Л.В. Новое мышление компьютерного мира: паттерновые сети для моделирования информационных систем // НТИ. – 2001. – Сер. 2. Информационные процессы и системы. – №6. – С. 5–17.

Рецензенты:

Николаев В.Н., д.т.н., профессор, начальник отдела научно-образовательного центра НИЦ ФГУП «18ЦНИИ» МО РФ, г. Курск;

Серебровский В.И., д.т.н., профессор кафедры «Информационные и электротехнические системы и технологии», ФГОУ ВПО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова», г. Курск.

Работа поступила в редакцию 20.11.2011.