

УДК 378

### МОДЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ФОРМИРОВАНИЕМ КОНТИНГЕНТА СТУДЕНТОВ В ВУЗАХ

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Стрельцова Елена Дмитриевна</b> | доктор экономических наук, профессор кафедры «Электронные вычислительные машины», Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (346411, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132).<br>E-mail: el_strel@mail.ru |
| <b>Петросян Лусине Эдуардовна</b>  | руководитель научно-методического центра по работе с молодёжью, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ) (344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д. 69).<br>E-mail: lusinesweet@mail.ru                                 |

#### Аннотация

*Статья посвящена разработке модельного инструментария системы поддержки принятия решений по управлению формированием контингента образовательного учреждения, способного своевременно реагировать на воздействия внешней среды и обеспечивать устойчивое развитие образовательного учреждения в условиях растущей конкуренции. Построена модель, позволяющая в заданных условиях воздействий внешней и внутренней среды решать стратегическую задачу управления вузом – задачу прогнозирования сохранности и потери контингента студентов в условиях стохастической неопределённости. Приведено формальное описание модели и предложены экономико-математические методы решения задачи её построения. Создан программный продукт, реализующий предложенную модель.*

**Ключевые слова:** *управление формированием контингента студентов, условия неопределённости, имитационная модель, прогнозирование, функция выхода, функция перехода, вероятность сохранности и потери контингента.*

**Введение.** Главным фактором конкурентного преимущества любого образовательного учреждения является сохранность контингента студентов. В связи с этим процесс принятия решений по управлению контингентом студентов и аспирантов испытывает острую потребность в использовании инструментария, включённого в состав системы поддержки принятия решений и базирующегося на применении экономико-математических методов и моделей. Проблематика разработки теоретических и практических аспектов создания модельного инструментария систем поддержки принятия решений базируется на детально разработанном математическом аппарате в трудах учёных. Так, в [1–4] разработаны общие теоретические подходы применения методологии системного анализа в процессе проектирования инструментальных средств систем поддержки принятия решений, формирования их потребительского качества. Решению задач системного проектирования также посвящались исследования учёных [5–6]. Но до настоящего времени не существует комплексных теоретических и практических разработок, посвящённых проблеме управления формированием контингента студентов вузов.

Под управлением формированием контингента вуза понимается целенаправленный, системно организованный процесс информационного поведения вузовских структур в процессе формирования контингента, осуществляющийся под действием информационно-распорядительных актов, включающих соответствующие управленческие решения, принимаемые в условиях неопределённости влияний факторов внешней и внутренней среды и направленные на достижение целей образовательного учреждения.

Самым ответственным этапом процесса принятия решений является выбор альтернативных управленческих решений как варианта преодоления проблемной ситуации. В этих условиях процесс

принятия решений по управлению формированием контингента студентов испытывает острую потребность в модельной поддержке принятия решений.

**Постановка проблемы.** Под поддержкой принятия решений понимается содействие, помощь, оказываемая лицу, принимающему решение, при оценке неопределённостей, при генерации возможных решений, их оценке, анализе последствий принятия различных альтернатив и т.д. В связи с тем, что неопределённость является неотъемлемой частью принятия решений при управлении образовательным учреждением, прогнозирование играет роль стержня этого процесса. Проблемы развития теоретических и методологических основ прогнозирования в процессе принятия управленческих решений многократно рассматривались в современной литературе [7–8]. Так, в [8–9] предложены разработки в области создания имитационных моделей для поддержки принятия управленческих решений в условиях стохастической неопределённости. Таким образом, результаты анализа публикаций по проблематике модельного инструментария, функционирующего в составе систем поддержки принятия решений, свидетельствуют о существовании теоретико-методологической базы для продолжения исследований с учётом специфики управления формированием контингента образовательных учреждений.

Особая важность этой задачи основывается на том факте, что прогнозируемые показатели движения контингента обучающихся являются исходными данными для расчёта потребности образовательного учреждения в материальных средствах. На базе прогноза контингента определяется количество должностей преподавателей, необходимых для обучения студентов (расчёт производится исходя из принятых норм количества студентов, приходящихся на одного преподавателя, количества вспомогательного персонала и т.д.), материальная база образовательного учреждения, затраты на социальное и стипендиальное обеспечение и т.д.

Таким образом, наличие инструментария прогнозирования степени сохранности и потери контингента студентов имеет большое стратегическое значение в современных условиях роста конкуренции между отечественными и зарубежными вузами.

Авторами предложено представить процесс прогнозирования в виде последовательности взаимодействующих динамических систем  $I = \langle I_1, I_2, I_3, I_4 \rangle$ . При этом системе  $I_i, i = \overline{1,4}$  как математической абстракции предписано выполнение следующих функций:

а) воспроизводить динамику движения контингента студентов посредством генерации значений случайно изменяющихся величин  $k_{nep}^i, k_{omч}^i, k_{акад}^i, k_{воосcm}^i, i = \overline{1,4}$ , характеризующих соответственно количество студентов, переведённых на курс номер  $i, i = \overline{1,4}$  из других вузов; количество студентов, отчисленных с курса номер  $i$ ; количество студентов, ушедших в академический отпуск в течение курса номер  $i$ ; количество студентов, восстановленных после отчисления на курс номер  $i$ ;

б) воспроизводить динамику численности  $W_i$  студентов при переходе на следующие курсы;

в) прогнозировать степень сохранности контингента студентов посредством вычисления оценки вероятности потери  $p_1^i$  и сохранности  $p_2^i$  контингента:

$$p_1^i = \frac{K_{omч} + K_{ак}}{W_{i-1}}; \quad p_2^i = \frac{W_i}{W_{i-1}}.$$

При этом динамической системе  $I_i, i = \overline{1,4}$  предписана реализация отображения:

$$I_i : W_{i-1} \times K_{nep}^i \times K_{omч}^i \times K_{акад}^i \times K_{воосcm}^i \rightarrow W_i,$$

где  $W_i$  – состояние системы, характеризующее количество студентов, успешно закончивших курс с номером  $i$  и переведённых на следующий курс  $i + 1$ . Взаимодействие системы с внешней средой осуществляется посредством учёта возмущений  $k_{nep}^i, k_{omч}^i, k_{акад}^i, k_{воосcm}^i, i = \overline{1,4}$ , оказывающих влияние на изменение состояния  $W_i$  следующим образом:

$$W_{i+1} = W_i + K_{nep} + K_{восст} - K_{отч} - K_{акад}.$$

В течение каждого отрезка времени, в качестве которого может рассматриваться семестр, учебный год и др., в систему  $I_i$  поступает входной сигнал  $W_{i-1}$ , который совместно с возмущениями  $k_{nep}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i$  переводит её в состояние  $W_i$ , от которого зависят величины выходных сигналов  $p_1^i$  и  $p_2^i$ . Динамическая система  $I_i, i = \overline{1,4}$  на более высоком уровне детализации представлена имитационной моделью, позволяющей оценить реакцию состояния контингента на возмущения.

Под имитационным моделированием понимается такой вид математического моделирования, при котором процесс функционирования объекта воспроизводится алгоритмом, имитирующим случайные явления при движении контингента студентов, сохраняя их логическую структуру. В нашем случае к числу таких элементарных явлений относятся процессы всевозможных движений контингента студентов: перевод с других вузов, уход в академический отпуск, отчисление из образовательного учреждения, восстановление на учёбу. Осуществляя имитационное моделирование, в статье формально описана логика функционирования исследуемого объекта на алгоритмическом языке с целью отображения в памяти компьютера и проведения статистических экспериментов.

В ходе создания имитационной модели авторами реализованы следующие этапы:

- идентифицированы входные, выходные параметры модели, величины, описывающие состояние и возмущения;
- построена концептуальная модель формирования контингента студентов, представляющая собой некоторую абстракцию в виде динамической системы;

– определены функция перехода  $I_i(W) : W_{i-1} \times K_{nep}^i \times K_{отч}^i \times K_{акад}^i \times K_{восст}^i \rightarrow W_i$  модели в новое состояние и функция выхода  $I_i(P) : W_{i-1} \times K_{nep}^i \times K_{отч}^i \times K_{акад}^i \times K_{восст}^i \rightarrow P$ , где  $P = (p_1, p_2)$ ;

- задана процедура исследования законов распределения вероятностей возмущений  $k_{nep}^i$ ,

$k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i, i = \overline{1,4}$ ;

- задана процедура генерации возможных значений возмущений по заданным законам распределения;

– построен алгоритм определения значений состояний  $W_i$  посредством реализации функции перехода  $I_i(W) : W_{i-1} \times K_{nep}^i \times K_{отч}^i \times K_{акад}^i \times K_{восст}^i \rightarrow W_i$  и значений выходных показателей  $p_1^i$  и  $p_2^i$  посредством реализации функции выхода  $I_i(P) : W_{i-1} \times K_{nep}^i \times K_{отч}^i \times K_{акад}^i \times K_{восст}^i \rightarrow P$

в условиях стохастической неопределённости, создаваемой случайно изменяющимися возмущениями;

- осуществлена реализация построенного алгоритма на языке высокого уровня Delphi;
- проведена компьютерная имитация процессов движения контингента для конкретного образовательного учреждения.

Таким образом, построенная имитационная модель воспроизводит динамику движения контингента студентов образовательного учреждения и позволяет прогнозировать степень сохранности и потери контингента в течение заданного временного периода. Рассмотрим эту модель. Концептуально имитационная модель представлена чёрным ящиком (рис. 1).

Приведённая на рис. 1 схема описывает структуру модели формирования контингента студентов на учебном курсе под номером  $i$ . На вход имитационной модели поступает детерминированная величина количества студентов  $W_{i-1}$ , поступивших на курс  $i$  в начале некоторого планируемого периода, в качестве которого может быть рассмотрен семестр, год и др.

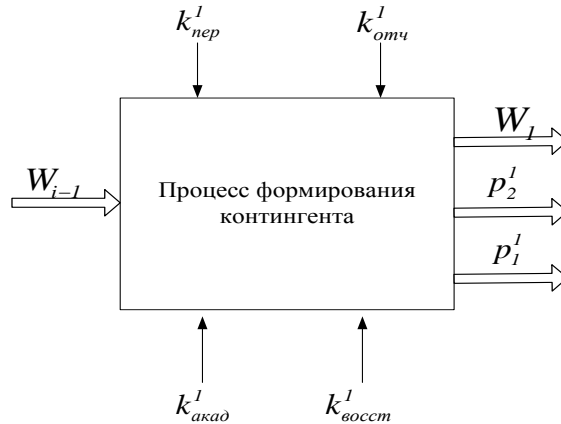


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели формирования движения контингента

**Методы исследования.** Количество студентов  $W_i$ , успешно окончивших курс с номером  $i$  и переведённых на следующий курс  $i + 1$ , изменяется под действием случайно изменяющихся величин  $k_{nep}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i, i = \overline{1, 4}$ . Величина  $W_{i+1}$  описывает значения выходных сигналов имитационной модели  $P = (p_1, p_2)$ .

Случайный характер изменения величин  $k_{nep}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i$  приводит к необходимости воспроизведения событий, имитирующих возможные значения этих величин посредством применения метода статистических испытаний, позволяющего осуществлять генерацию этих величин по некоторому закону распределения вероятностей. Вследствие этого в имитационную модель включён блок подготовки исходных данных, функцией которого является исследование закона распределения вероятностей случайных величин  $k_{nep}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i$ . Проведение исследований потребовало сбора статистических данных по каждой из этих величин и их представления в виде выборок из генеральных совокупностей:

$$k_{nep}^i = \{k_{nep}^i(t_1), k_{nep}^i(t_2), \dots, k_{nep}^i(t_s)\}, \quad k_{отч}^i = \{k_{отч}^i(t_1), k_{отч}^i(t_2), \dots, k_{отч}^i(t_s)\},$$

$$k_{акад}^i = \{k_{акад}^i(t_1), k_{акад}^i(t_2), \dots, k_{акад}^i(t_s)\}, \quad k_{восст}^i = \{k_{восст}^i(t_1), k_{восст}^i(t_2), \dots, k_{восст}^i(t_s)\}.$$

Собранные статистические данные использовались в качестве исходной информации для построения законов распределения вероятностей  $F_1, F_2, F_3, F_4$  характеризуемых ими случайных величин, реализующих отображения:

$$F_1 : \{k_{nep}^i(t_j)\}_{j=1}^s \rightarrow \{p_{nep}^j\}_{j=1}^s, \quad F_2 : \{k_{отч}^i(t_j)\}_{j=1}^s \rightarrow \{p_{отч}^j\}_{j=1}^s,$$

$$F_3 : \{k_{акад}^i(t_j)\}_{j=1}^s \rightarrow \{p_{акад}^j\}_{j=1}^s, \quad F_4 : \{k_{восст}^i(t_j)\}_{j=1}^s \rightarrow \{p_{восст}^j\}_{j=1}^s.$$

В связи с тем, что случайные величины  $k_{nep}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i$  дискретны и множество их возможных значений конечно, законы распределения вероятностей  $F_1, F_2, F_3, F_4$  целесообразно представить в виде интервальных рядов распределения. Построение интервального ряда распределения вероятностей случайных величин исходя из статистических данных осуществляется по методике, описанной в современной литературе в области математико-статистических исследований. Эта методика положена

в основу алгоритма, на основе которого действует блок подготовки исходных данных. Для простоты описания этого алгоритма обозначим исследуемую случайную величину, представленную выборочными данными, через  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_s\}$ , где  $y_i, i = \overline{1, s}$  – возможные значения. Алгоритм построения интервального ряда распределения представляет собой последовательность следующих блоков.

**Блок 1.** Производится разбивка интервала изменений  $[y_{\min}, y_{\max}]$  выборочных данных случайной величины  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_s\}$  на частичные интервалы, длина которых  $\Delta$  определяется исходя из выражения:  $\Delta = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k}$ , где  $k$  – количество частичных интервалов. Для того, чтобы

интервальный ряд не был слишком громоздким, число  $k$  принимают равным  $k = 7 \div 11$ .

**Блок 2.** Вычисляются пределы для каждого частичного интервала. За начало первого интервала принимается величина  $y_{\min}$ . Конец первого интервала вычисляется как  $(y_{\min} + \Delta)$  и рассматривается одновременно, как начало следующего интервала, и т.д.

**Блок 3.** Определяются частоты  $m_i$ , т.е. количество попаданий значений  $\{y_1, y_2, \dots, y_s\}$  случайной величины  $Y$  в каждый частичный интервал  $\Delta_i$  с номером  $i$ , пределы которого определены в блоке 2. При попадании значения  $y_i, i = \overline{1, s}$  на границу между интервалами, руководствуются условием, что величина  $y_i$  должна быть больше или равной величине нижней границы и строго меньшей величины верхней границы.

**Блок 4.** Определяются относительные частоты попадания значений  $\{y_1, y_2, \dots, y_s\}$  в интервал с номером  $i$  как отношение  $m_i / s$ .

**Блок 5.** Строится таблица, в ячейки первой строки которой заносятся частичные интервалы  $\Delta_i$ , а в ячейки второй строки – относительные частоты  $m_i / s$  попадания в эти интервалы значений случайной величины  $Y$ . Построенная таблица представляет собой интервальный ряд распределения как один из видов законов распределения вероятностей.

Построенный алгоритм программно реализован на языке высокого уровня Delphi и позволяет строить законы распределения вероятностей  $F_1, F_2, F_3, F_4$  случайных величин  $k_{неп}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{воосст}^i$  при использовании в качестве исходных данных соответствующих выборочных значений.

Исходя из законов распределения вероятностей  $F_1, F_2, F_3, F_4$  осуществляется генерация возможных значений случайных величин  $k_{неп}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{воосст}^i$  по методу статистических испытаний. На базе применения этого метода авторами предложен алгоритм, позволяющий разыгрывать возможные значения величин  $k_{неп}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{воосст}^i$  по заданным законам распределения вероятностей. Этот алгоритм представляет собой последовательность действий, предписанных следующим блокам.

**Блок 1.** Отрезок  $[0, 1]$  декомпозируется на интервалы  $\Omega_i$ , длина каждого из которых равна относительной частоте  $m_i / s$  из закона распределения вероятностей.

**Блок 2.** Разыгрывается число  $X$  по равномерному закону распределения. Получение последовательности равномерно распределённых случайных чисел не является сложной задачей, т.к. реализуется в любом языке программирования по команде RANDOMISE.

**Блок 3.** Определяется декомпозированный интервал  $\Omega_{\alpha}$ , в пределах которого находится величина  $X$ .

Блок 4. Середина интервала  $\Omega_\alpha$  принимается за число, рассматриваемое как возможное значение случайной величины, распределённой по заданному закону.

Сгенерированные возможные значения случайных величин  $k_{пер}^i, k_{отч}^i, k_{акад}^i, k_{восст}^i$  используются в имитационной модели для определения величин  $W_{i+1} = W_i + K_{пер} + K_{восст} - K_{отч} - K_{акад}$ ,  $p_1^i = \frac{K_{отч} + K_{ак}}{W_{i-1}}$  и  $p_2^i = \frac{W_i}{W_{i-1}}$ .

Построенная имитационная модель составила основу программного продукта CONTINGENT, результат функционирования которого приведён на рис. 2.

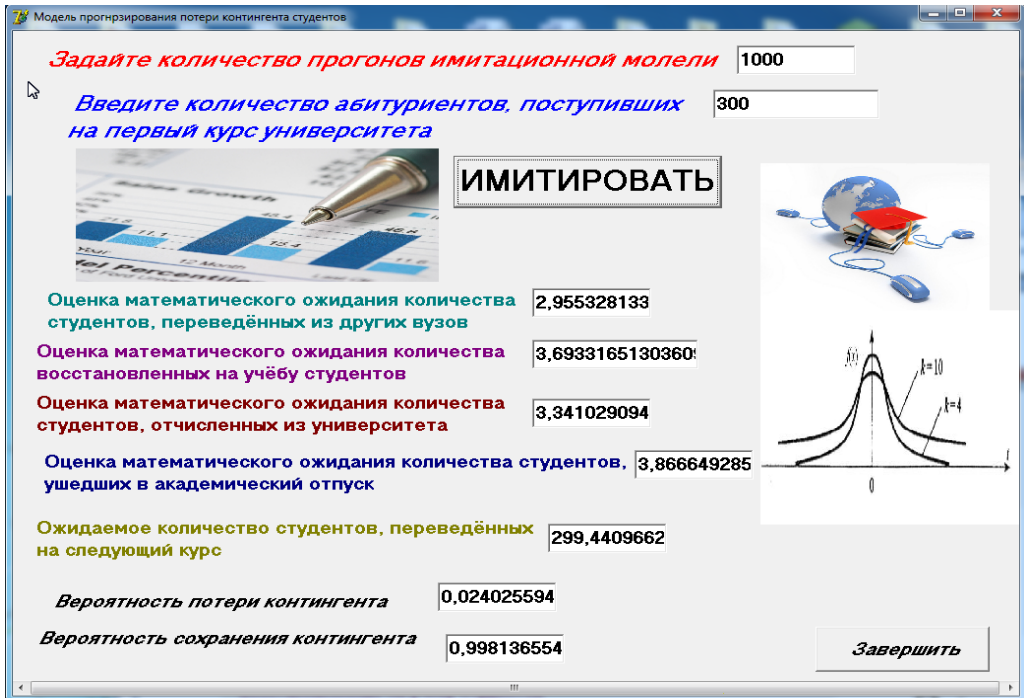


Рис. 2. Интерфейс имитационной модели движения контингента студентов образовательного учреждения

Комплекс программ CONTINGENT даёт возможность на основе введённых в компьютер статистических данных, характеризующих движение контингента студентов в ретроспективе, получать информацию о состоянии учебного процесса в перспективе.

Являясь инструментарием поддержки процесса принятия решений при управлении формированием контингента обучающихся в высшем учебном заведении, созданный программный продукт позволяет прогнозировать такие важные характеристики, как вероятность потери и сохранности контингента.

#### Выводы:

1. Поставлена и формально описана задача прогнозирования состояния учебного процесса, в которой процесс прогнозирования представлен последовательностью взаимодействующих динамических систем, в которой каждой системе как математической абстракции предписано выполнение своих функций.

2. Разработана имитационная модель прогнозирования потери и сохранности контингента студентов в условиях стохастической неопределённости влияния внешней среды.

3. На базе имитационной модели создан комплекс программных средств, позволяющий на основе введённых статистических данных о движении контингента в ретроспективе предсказывать вероятностные характеристики состояния учебного процесса в будущем.

#### Литература

1. Стрельцова Е.Д., Богомяжкова И.В. Стрельцов В.С. Формирование потребительского качества систем поддержки принятия решений // Математические методы в технике и технологиях. ММТТ-19: Сб. тр. 20 Междунар. конф. Ярославль, 2007. Т. 8, секц. 8. С. 80–82.
2. Стрельцова Е.Д., Богомяжкова И.В. Стрельцов В.С. Системная оптимизация при создании систем поддержки принятия решений // Рубикон: сб. науч. работ молодых учёных / Рост. гос. ун-т. Ростов н/Д.: ФГОУ ВПО «Южный федеральный университет», 2007. Вып. 43. С. 6–10.
3. Стрельцова Е.Д. Методологические основы создания развивающихся систем поддержки принятия финансовых решений // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2004. – Спецвып.: Математическое моделирование и компьютерные технологии. 2004. С. 178–181.
4. Стрельцова Е.Д. Системное проектирование инструментальных средств поддержки принятия финансовых решений // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2003. – Спецвып.: Математическое моделирование и компьютерные технологии. 2003. С. 127–128.
5. Стрельцова Е.Д. Решение задач системного проектирования многофункциональной автоматизированной системы управления материально-техническим обеспечением проектной организации приборостроительного профиля : Дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1989. 176 с.
6. Стрельцова Е.Д. Решение задач системного проектирования многофункциональной автоматизированной системы управления материально-техническим обеспечением проектной организации приборостроительного профиля : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1989. 16 с.
7. Стрельцова Е.Д., Богомяжкова И.В. Стрельцов В.С. Применение кибернетического подхода к решению задачи прогнозирования бюджета // Математические методы в технике и технологиях. ММТТ-15: Сб. тр. 15 Междунар. конф. Тамбов, 2002. Т. 5, секц. 5. С. 242–243.
8. Стрельцова Е.Д., Богомяжкова И.В. Стрельцов В.С. Формализация финансового менеджмента в условиях неопределенности и риска // Математические методы в технике и технологиях ММТТ-2000: Сб. тр. 13-й Междунар. науч. конф. СПб., 2000. Т. 5, секц. 6, 9. С. 21–22.
9. Стрельцова Е.Д. Построение адаптивной имитационной модели управления запасами научного подразделения ВУЗа // Известия Северо-Кавказского научного центра высшей школы. Технические науки. 1985. № 1. С. 89–91.

**Streltsova Elena Dmitriyevna**, Doctor of Economics, Professor of "Electronic Engineering"; South Russian State Technical University (NPI) to them. Ml. Platov (132, Prosveshcheniya St., Novocherkassk, 346411, Russian Federation). E-mail: el\_strel@mail.ru

**Petrosyan Lucina Eduardovna**, Head of the Scientific and Methodological Center for Youth Work; Rostov state economic University (RINH) (69, Bolshaya Sadovaya str., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation). E-mail: lusinesweet@mail.ru

#### MODEL TOOLS OF DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM OF STUDENTS CONTINGENT IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS MANAGEMENT

##### Abstract

Article is devoted to the development of a model of decision support tools, the ability to timely respond to the external environment and to ensure sustainable development of educational institutions in an increasingly competitive environment. A model that allows you to set conditions influence of external and internal environment to solve the problem of predicting the safety and loss of the number of students who are members of the strategic objectives of university management. Powered by a formal description of the model and the proposed economic-mathematical methods for solving the problem of its creation. Created software that implements the proposed model.

**Keywords:** control the formation of a contingent of students, conditions of uncertainty, simulation model, forecasting, output function, the function of the transition probability of preservation and loss of population.