

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Н.В. Манюкова¹

к.п.н., доцент, e-mail: manukovanv@mail.ru

Л.Ю. Уразаева²

к.ф.-м.н., доцент, e-mail: delovoi2004@mail.ru

Р.Э. Мамедли¹

к.ф.-м.н., доцент, e-mail: prog-nv@mail.ru

¹Нижевартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия

²Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются технологии использования методов математического моделирования в преподавании информационных технологий. Представлена методика выбора типов задач, решаемых с помощью методов математического моделирования и принятия решений.

Ключевые слова: математическое моделирование, имитационное моделирование, принятие решений, информационные технологии, модель.

Введение

Стремительное распространение новых информационных технологий (ИТ) в повседневной работе инженеров, менеджеров, экономистов, финансистов различного уровня требует не только хорошего знания предметной области, но и умения применить эти технологии для моделирования социально-экономических процессов и систем различной степени сложности.

Опыт преподавания дисциплин «Информационные системы и технологии», «Информационные технологии в управлении», «Информационные системы в экономике», «Автоматизированные системы обработки информации», «Компьютерное моделирование» показал, что при решении ситуационных задач многие обучающиеся не понимают необходимость наличия промежуточного этапа между словесной формулировкой задачи и её решением на персональном компьютере. При этом промежуточный этап включает в себя важнейшую составляющую — это математическое моделирование, позволяющее представить имеющуюся информацию более компактно в структурированном виде, поскольку запись в виде математических формул позволяет достичь большей сжатости, лучшей распознаваемости и запоминаемости. И уже на стадии составления моделей экономических объектов в виде множества формул применение математики

должно помочь инженеру-аналитику выявить ошибки, которые при словесной формулировке, скорее всего, остались бы незамеченными.

Так, например, причиной неверных результатов могут быть некоторые из первичных экономических предположений в словесной форме. Это относится как к моделям математической экономики, так и к математическим моделям в целом.

Ещё С. Гудман и С. Хидетниemi подчеркивали, что математическое моделирование «служит как бы мостом» [5] между словесной, предметно-ориентированной постановкой задачи и программным обеспечением ПК.

Практика преподавания показала, что, опуская этап математического моделирования и сразу переходя от тестовой формулировки задачи к решению задачи по образцу, студенты очень часто допускают ошибки в решениях, даже при наличии у них шаблона задачи определённого типа. Процесс создания математических моделей в любой предметной области является трудоёмким, так как приходится учитывать, что:

1) объекты управления чаще описываются большим количеством параметров, которые носят случайный характер;

2) при создании модели для решения прикладной задачи невозможно построить точную копию явления или процесса в определённом масштабе;

3) в любой сфере деятельности действует человеческий фактор, а предсказать поведение человека не только сложно, но и невозможно.

Несмотря на эти факторы, математическое моделирование оказывает помощь при анализе конкретных объектов, явлений и процессов; прогнозировании развития экономических явлений и процессов; выработке управленческих решений на всех уровнях производственной и хозяйственной деятельности [1–19].

Постановка задачи

Создание моделей в инженерии, экономике или управлении имеет существенные особенности, связанные с объектами, методами и средствами моделирования. Поэтому в рамках данной статьи рассмотрим и проанализируем методику выбора типов задач, решаемых с помощью методов математического моделирования (ММ) и принятия решений (ПР), в преподавании информационных технологий на IDEF0-диаграмме (рис. 1).

А. Определение критериев выбора типов задач, решаемых методами ММ / ПР.

На этом этапе принятия решения о выборе того или иного типа задачи с использованием методов ММ / ПР необходимо определить критерии отбора, принимая во внимание, что они должны определять место задачи в предметной области и обладать доступностью в понимании проблемы и путей решения. Сформулируем критерии выбора того или иного типа задач:

- значимость в предметной области;
- ожидаемый эффект от использования в профессиональной деятельности;
- доступность и чёткость постановки задачи;

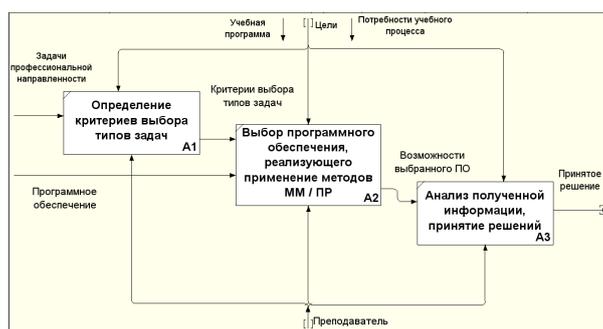


Рис. 1. Методика выбора типов задач, решаемых с помощью методов ММ и ПР [10]

- понятность метода и возможность его компьютерной реализации;
- возможность интерпретации решения с профессиональной точки зрения;
- использование межпредметных связей в постановке и методе решения;
- практическая и образовательная ценность результата решения.

Проведём ранжирование критериев, используемых при выборе задач с использованием методов математического моделирования. Использование методов ММ даёт возможность представления о решении основных типов профессиональных задач.

Для выбора задач было необходимо ранжирование критериев отбора. Оценка критериев производилась на основе опыта преподавания с использованием информационных технологий. Для ранжирования критериев был проведён опрос преподавателей, использующих методы ММ и ПР в преподавании ИТ для студентов технических направлений. Преподавателям было предложено проранжировать критерии (r_i) по важности. Затем на основе полученных результатов рассчитывались значения весовых коэффициентов.

Для экспертной оценки было привлечено пять специалистов, в процессе обсуждения были отобраны семь критериев для оценивания. Таким образом, число факторов $n = 7$, число экспертов $m = 5$.

Далее были осуществлены сбор экспертных оценок и их обработка. Использовался метод простого ранжирования.

Важность критерия оценивалась через присвоение ему ранга. Наиболее важный критерий имеет ранг, равный единице. Данные экспертного оценивания представлены в таблице 1.

На основе этой таблицы, анализируя суммы рангов, можно сделать вывод о том, что по результатам экспертного оценивания критерии имеют следующие ранги (табл. 2).

Оценим согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента корреляции W . Значение находится по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

где S — сумма квадратов отклонений сумм строк от средней суммы строк.

В нашем случае $S = 650$, $n = 7$, $m = 5$

Таблица 1. Результаты экспертной оценки критериев выбора типов задач

Критерии выбора типов задач	Эксп. 1	Эксп. 2	Эксп. 3	Эксп. 4	Эксп. 5
Значимость в предметной области	1	2	1	1	3
Ожидаемый эффект от использования в профессиональной деятельности	2	3	3	2	2
Доступность и четкость постановки задачи	3	1	2	3	1
Понятность метода и возможность его компьютерной реализации	4	4	4	5	4
Возможность интерпретации решения с профессиональной точки зрения	5	5	5	4	5
Использование межпредметных связей в постановке и методе решения	6	6	6	6	6
Практическая и образовательная ценность результата решения	7	7	7	7	7

Таблица 2. Ранги критериев выбора типов задач

Критерии выбора типов задач	Сумма рангов	Ранги
Значимость в предметной области	8	1
Ожидаемый эффект от использования в профессиональной деятельности	10	2
Доступность и чёткость постановки задачи	12	3
Понятность метода и возможность его компьютерной реализации	21	4
Возможность интерпретации решения с профессиональной точки зрения	24	5
Использование межпредметных связей в постановке и методе решения	30	6
Практическая и образовательная ценность результата решения	35	7

$$W = \frac{12 \cdot 650}{5^2(7^3 - 7)}.$$

Полученное значение $W = 0,929$ свидетельствует о высокой степени согласованности мнений экспертов.

Проведём оценку значимости коэффициента конкордации W . Используем критерий согласования Пирсона.

Найдём наблюдаемое значение критерия

$$\chi^2 = \frac{12S}{mn(n+1)^{-n(m-1)W}},$$

$$\chi^2 = 5 \cdot (7 - 1) \cdot 0,929 = 27,86$$

Сравним фактическое значение критерия χ^2 с табличным значением для числа степеней свободы $n - 1 = 7 - 1 = 6$ и при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$. Наблюдаемое значение $\chi^2 = 27,86 \geq \chi^2$ табл, равного 12,59159. Следовательно, коэффициент конкордации $W = 0,929$ значим, при уровне значимости 0,05. На основе результатов ранжирования можно найти веса критериев, что можно потом использовать для обработки балльных оценок задач. Веса находим, используя суммы строк.

Таблица 4. Расчёт весовых коэффициентов

Критерии	Сумма рангов по строкам	Вес
Значимость в предметной области	8	0,27
Ожидаемый эффект от использования в профессиональной деятельности	12	0,18
Доступность и четкость постановки задачи	10	0,22
Понятность метода и возможность его компьютерной реализации	21	0,10
Возможность интерпретации решения с профессиональной точки зрения	24	0,09
Использование межпредметных связей в постановке и методе решения	30	0,07
Практическая и образовательная ценность результата решения	35	0,06
Итого	140	1,00

Важность критерия также характеризует весовой коэффициент, значения которого варьируются в пределах от 0 до 1.

Необходимо отметить, что из множества критериев выбора той или иной задачи в рассмотрение принимались только те, которые относятся к практической значимости с точки зрения профессионально-направленного обучения студентов.

В. Выбор программного обеспечения, реализующее применение методов ММ / ПР при решении профессиональных задач

Метод математического моделирования занимает ведущее место среди методов научного познания, но особую наглядность и широту применения он получил с развитием новых информационных технологий. Появился новый термин – имитационное моделирование, то есть построение и изучение математических моделей с помощью вычислительной техники.

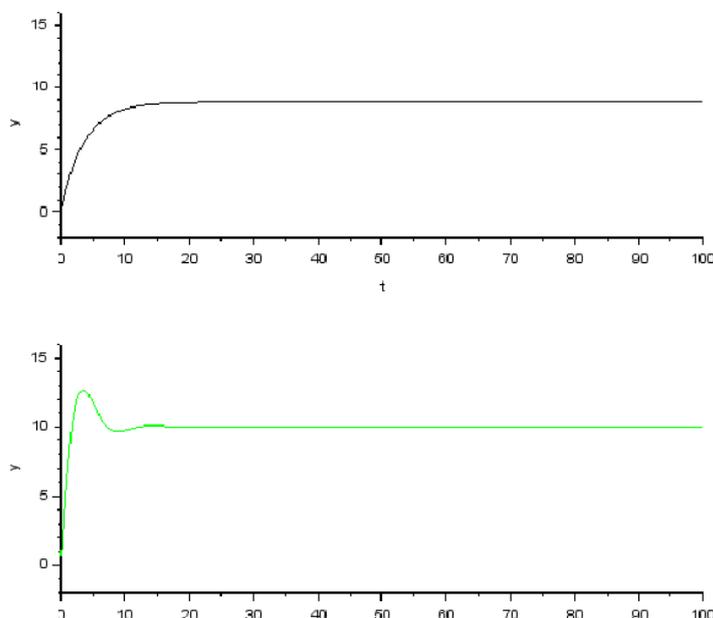


Рис. 3. Результаты моделирования

По оценкам И.Ф. Цисаря, В.Г. Неймана, при выборе в качестве средства реализации математических моделей на компьютере универсальных сред (языков) программирования «трудоемкость программирования интерфейса <...> с моделью превысит трудоемкость программирования самой модели в 5–10 раз» [13]. Этот вывод в большинстве случаев является решающим аргументом в пользу выбора Matlab/Scilab в качестве средства реализации математических моделей.

Последовательность изложения решения теоретических и практических задач средствами математического моделирования определяется следующими принципами:

— математическая постановка прикладной задачи сопровождается числовым примером с подробным описанием компьютерной реализации (с представлением

промежуточных и окончательных результатов);

— решаемая прикладная задача допускает как оптимизационную постановку, так и графическое решение для ограниченного множества значений аргумента;

— межпредметные связи инженерных, прикладных управленческих, экономических дисциплин и компьютерных технологий опосредованы математическими моделями.

При составлении задач для лабораторных работ необходимо отбирать группы расчётных задач, которые могут быть представлены не набором разнородных заданий, а укрупнённой постановкой задачи и допускают графическое изображение результатов не как произвольную иллюстрацию, а как часть глобального (интервального) решения [9].

Задачи принятия решений, с которыми студенты знакомятся на занятиях – это задачи с полной / неполной информацией. При этом неточность информации приводит к ситуациям, в которых специалисту следует принимать решения в условиях риска и неопределённости.

В таких случаях применяются методы имитационного моделирования (ИМ).

Поскольку основой ИМ является метод статистических испытаний, наибольший эффект от его применения достигается при исследовании сложных систем. На функционирование таких систем значительное влияние оказывают случайные факторы.

При ИМ управляющих систем целесообразнее использовать инструмент Simulink пакета MatLab.

Simulink позволяет моделировать линейные, нелинейные, непрерывные, дискретные и гибридные системы. Построение модели осуществляется с помощью модулей, хранящихся в библиотеке Simulink. Средствами Scilab палитры блоков Xcos также можно строить имитационные модели. На рисунках 2–3 представлена модель заполнения бака водой и результат моделирования.

С. Анализ полученной информации по выбору типов задач с использованием математического моделирования

Компьютерная реализация учебных проектов

Изучение математического моделирования в экономике с помощью проектного метода позволит студентам непосредственно применить свои знания и умения для решения практико-ориентированных задач.

Отбор тем проектов является самостоятельной задачей и должен быть связан с реальной технической проблемой, решаемой методами математического моделирования на основе реальных данных и с достаточно подробным описанием производственных или иных условий для мотивации студентов.

Важным направлением математического моделирования является решение проблем безопасности окружающей среды, оценка масштаба возможных угроз и рисков.

Оценка рисков угроз экологического благополучия позволяет прогнозировать негативные последствия для экологии. Другим аспектом решения эколо-

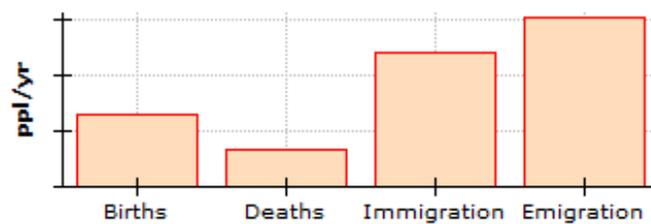


Рис. 4. Распределение прироста населения по категориям

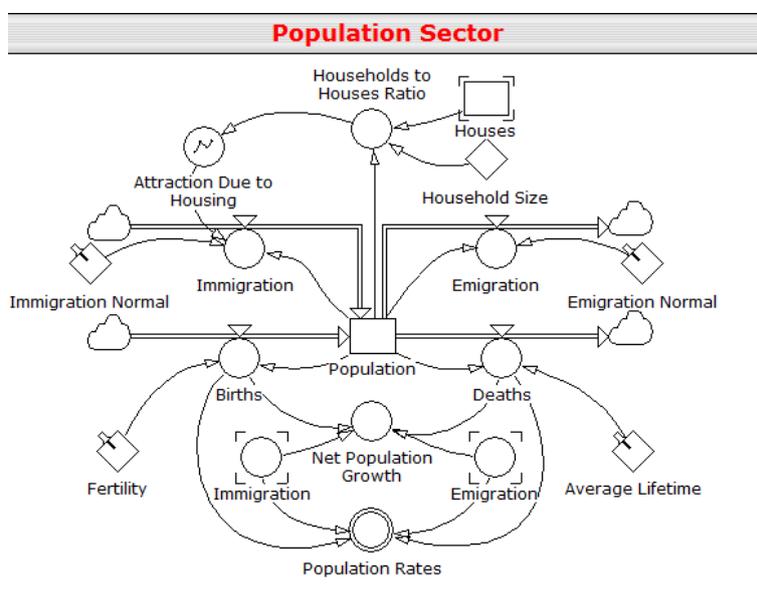


Рис. 5. Концептуальная модель системной задачи, описывающая динамику численности населения

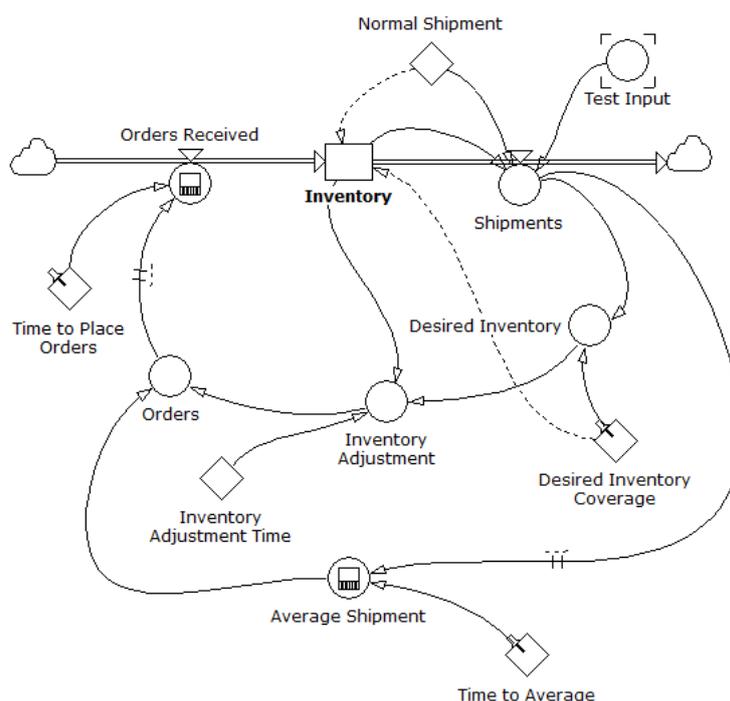


Рис. 6. Концептуальная модель системной модели управления запасами

гических проблем является определение оптимального размещения полигонов твёрдых бытовых отходов и способов утилизации различных производственных и бытовых отходов для улучшения уровня экологического состояния территории.

Задача математического моделирования экологических рисков имеет системный характер и может быть решена при комплексном использовании различных математических моделей: балансовой модели Леонтьева, моделей системной динамики, моделей регрессионного анализа, экспертных методов для оценки качественных показателей, отражающих состояние экологии. Другим важным направлением, которое может быть использовано в учебных проектах, является расчёт и оценка эффективности использования альтернативных источников энергии по сравнению с существующими. Большой интерес в современном обществе в связи с проблемой миграции населения представляет исследование сценариев развития человечества, в частности анализ динамики роста населения с учётом миграции населения [2], [11], [15].

С точки зрения компьютерной реализации подобных проектов, связанных с прогнозированием численности населения на основе использования математического моделирования, возможно использование пакета PowerSim для проведения имитационного моделирования.

В PowerSim имеется прототип модели, который при использовании определённых корректировок можно применить для моделирования и прогнозирования миграционных процессов. В основе моделирования в пакете используются математические модели системной динамики, разработанные Форсайтом в 50-х

годах прошлого века. Результаты моделирования в пакете в рамках работы над учебными проектами представлены на рисунках 2 и 3. На рисунке 4 представлена концептуальная модель.

При подготовке студентов технических направлений важно подбирать задания, соответствующие профилю подготовки, например, модель функционирования кабельного телевидения (рис. 7).

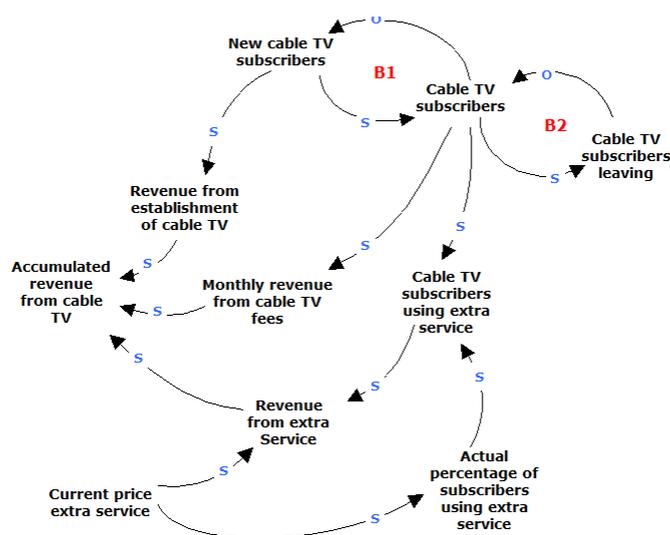


Рис. 7. Модель функционирования кабельного телевидения

Для успешного освоения математического моделирования обучение должно проводиться с использованием реальных данных, с детальным описанием экономических условий, с применением современных компьютерных технологий.

Проблема недостаточности исходных данных и её решение

При научных исследованиях возникает проблема нехватки данных для моделирования. В настоящее время эту проблему решают с помощью ресамплинга. Теоретические положения ресамплирования являются интуитивно понятными. При недостаточном объёме данных можно создать большое количество случайных выборок из комбинированных данных.

В компьютерных средствах имеется встроенная реализация процедур рандомизации и бутстрапа. В процедуре bootstrap на основе исходной выборки генерируют большое число псевдовыборок. Процедуры рандомизации также начинаются с исходных данных, но вместо того, чтобы создавать выборки с заменой, эти процедуры систематически или произвольно переупорядочивают (перетасовывают) данные много раз и вычисляют соответствующую статистику для каждого переупорядочения. Поскольку данные перетасовки сводятся к выборке без замены, вопрос замены — это одно из различий между этими двумя подходами.

Рассмотрим возможности компьютерной реализации ресамплинга. Обратимся к бесплатному онлайн-сервису, который позволяет изучать использование метода бутстрапинга и находить оценки параметров распределения на основе bootstrap-размножения данных (https://www.wessa.net/rwasp_bootstrapplot1.wasp). Пусть даны исходные данные — 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Проведём с помощью онлайн-ресурса 1000 симуляций (рис. 8).

Estimation Results of Bootstrap					
statistic	P1	P5	P95	P99	S.D.
mean	3.3	3.995	7	7.5	0.90975
median	2.5	3	8	8.5	1.3794

Рис. 8. Фрагмент результатов обработки симуляций, выполненных онлайн-ресурсом

Время расчёта 15 секунд. Вычисления выполняются с помощью Big Analytics Cloud Computing Center с использованием R. По результатам симуляций система строит графики (рис. 9).

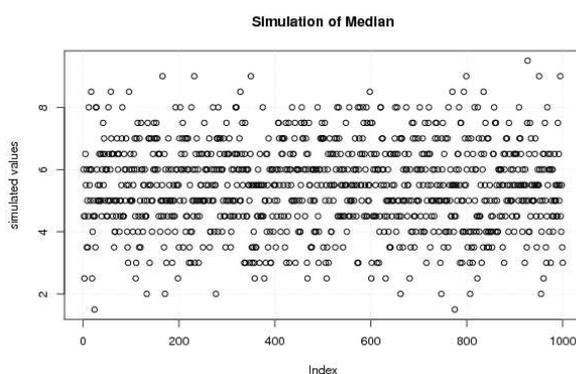


Рис. 9. Графическое представление симуляции для получения оценок параметров распределения на примере медианы

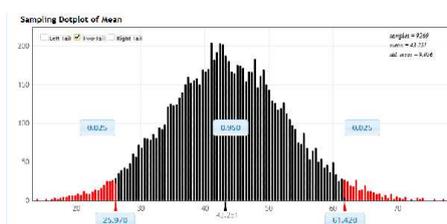


Рис. 10. Графическое представление результатов симуляции в StatKey

Другим удобным инструментом является облачный сервис StatKey (<http://www.lock5stat.com/StatKey/>), который представляет собой учебный

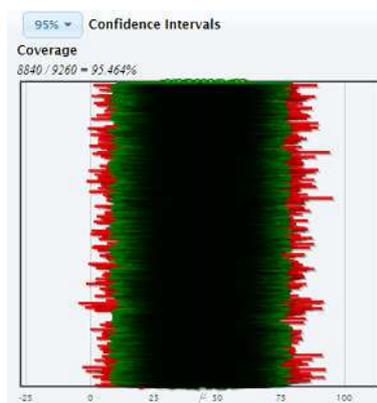


Рис. 11. Вывод результата в StatKey на одном из этапов симуляции

ресурс (рис. 10 и 11), созданный для демонстрации различных методов статистической обработки данных, в том числе ресамплинга.

Бутстрап, как и иные методы генерации повторных выборок, необходим, когда статистические выводы нельзя получить с использованием исходных данных или теоретических предположений [14]. Методы ресамплинга используются для определения степени устойчивости оценок относительно наблюдаемых данных, для проверки приближений параметрическими методами. Таким образом, проблема недоступности данных или их неполноты (отсутствия в полном объеме) может быть решена современными методами «размножения данных выборки», ресамплирования выборки методами бутстрап-анализа.

Выводы

Данное исследование показало, что при выборе задач следует опираться на такие критерии, как значимость в предметной области; технический и социально-экономический эффект от использования задачи в будущей профессиональной деятельности.

Таким образом, качественная подготовка ит-специалистов требует изучения основных типов задач математического моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллен Р. Математическая экономия. М. : Издательство иностранной литературы, 1963.
2. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Математическая оценка взаимовлияния уровней безработицы различных возрастных групп с учётом старения населения // Вестник Нижневартского государственного университета. 2013. № 1. С. 14–19.
3. Гателюк О.В., Исмаилов Ш.К., Манюкова Н.В. Численные методы. М. : Юрайт, 2019. 140 с.
4. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента. СПб. : Изд-во «Лань», 2000.

5. Гудман С., Хидетниемеи С. Введение в разработку и анализ алгоритмов. М. : Мир, 1981.
6. Звягин Л.С. Практические приёмы моделирования экономических систем // Проблемы современной экономики: материалы IV Междунар. науч. конф. (Челябинск, февраль 2015 г.). Челябинск : «Два комсомольца», 2015. С. 14–19.
7. Косьянов П.М. Математическая модель способа рентгенофлуоресцентного анализа с вспомогательным поглотителем из анализируемого вещества // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. 2005. № 1. С. 19–23.
8. Манюкова Н.В., Никонова Е.З. Организация интерактивного обучения с помощью MS Excel в качестве инструмента компьютерной симуляции // Современные исследования социальных проблем. 2017. Том 8, № 4. С. 101–112.
9. Манюкова Н.В., Никонова Е.З., Слива Е.А. Статистика и прогнозирование в Microsoft Excel. Нижневартовск : НВГУ, 2017. 193 с.
10. Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю. Математическое моделирование в преподавании информационных технологий для бакалавров направления подготовки «Менеджмент» // Математическое и компьютерное моделирование : сборник материалов VI Международной научной конференции, посвящённой памяти Б.А. Рогозина. Омск, 2018. С. 194–197.
11. Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю. Проектирование систем принятия решений для прогнозирования сценариев миграционных процессов // XXI международная конференция по мягким вычислениям и измерениям : сборник докладов в 2-х томах (Санкт-Петербург, 23–25 мая 2018 г.). СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Т. 2. С. 436–439.
12. Надеждин Е.Н., Бушуев В.Д. Методы моделирования в задачах исследования систем организационного управления: монография / Под ред. Е.Н. Надеждина. Тула : Автономная некоммерческая организация ВПО «Институт экономики и управления», 2011. 280 с.
13. Цисарь И.Ф., Нейман В.Г. Компьютерное моделирование экономики. М. : Диалог-МИФИ, 2002.
14. Уразаева Л.Ю., Дацун Н.Н. Построение сценариев принятия решений на основе булстреп-моделирования // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 1. С. 603–606.
15. Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Математическое исследование некоторых аспектов миграции населения // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2014. № 3. С. 77–85.
16. Федотов В.Х., Кольцов Н.И., Косьянов П.М. Нелинейные автономные квазиинварианты динамических систем // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21, № 12. С. 181–185.
17. Bigo V. Explaining Modern Economics (as a microcosm of society) // Cambridge Journal of Economics. 2008. No. 32(4). P. 527–554.
18. Davis J.B. Heterodox economics, the fragmentation of the mainstream and embedded individual analysis / R. Garnett, J. Harvey (eds.). The Future of Heterodox Economics. Ann Arbor, MI, University of Michigan Press, 2005.
19. Dixon H. Equilibrium and Explanation / J. Creedy (eds.). Foundations Of Economic Thought. Oxford, Basil Blackwell, 1990.

MATHEMATICAL MODELING IN INFORMATION TECHNOLOGY TEACHING

N.V. Manyukova¹

Ph.D. (Ped.), Associate Professor, e-mail: manukovanv@mail.ru

L.Yu. Urazayeva²

Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, e-mail: delovoi2004@mail.ru

R.E. Mamedli¹

Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, e-mail: prog-nv@mail.ru

¹Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russia

²Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The paper discusses the technology of using methods of mathematical modeling in the teaching of information technology. The technique of choosing the types of tasks that can be solved using methods of mathematical modeling and decision making is presented.

Keywords: mathematical modeling, simulation, decision making, information technology, model.

REFERENCES

1. Allen R. *Matematicheskaya ekonomiya*. Moscow, Izdatel'stvo inostrannoi literatury Publ., 1963. (in Russian)
2. Galimov I.A. and Urazayeva L.Yu. *Matematicheskaya otsenka vzaimovliyaniya urovnei bezrobotitsy razlichnykh vozrastnykh grupp s uchetom stareniya naseleniya*. Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, no. 1, pp. 14-19. (in Russian)
3. Gatelyuk O.V., Ismailov Sh.K., and Manyukova N.V. *Chislennyye metody*. Moscow, Yurait Publ., 2019. 140 p. (in Russian)
4. Glukhov V.V., Mednikov M.D., and Korobko S.B. *Matematicheskie metody i modeli dlya menedzhmenta*. Sankt-Peterburg, Lan' Publ., 2000. (in Russian)
5. Gudman S. and Khidetniemi S. *Vvedenie v razrabotku i analiz algoritmov*. Moscow, Mir Publ., 1981. (in Russian)
6. Zvyagin L.S. *Prakticheskie priemy modelirovaniya ekonomicheskikh sistem*. Problemy sovremennoi ekonomiki, Materialy IV Mezhdunar. nauch. konf. (Chelyabinsk, fevral' 2015 g.), Chelyabinsk, Dva komsomol'tsa Publ., 2015, pp. 14-19. (in Russian)
7. Kos'yanov P.M. *Matematicheskaya model' sposoba rentgenofluorestsentnogo analiza s vspomogatel'nym poglotitelem iz analiziruемого veshchestva*. Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra UrO RAN, 2005, no. 1, pp. 19-23. (in Russian)
8. Manyukova N.V. and Nikonova E.Z. *Organizatsiya interaktivnogo obucheniya s pomoshch'yu MS Excel v kachestve instrumenta komp'yuternoii simulyatsii*. Sovremennyye issledovaniya sotsial'nykh problem, 2017, tom 8, no. 4, pp. 101-112. (in Russian)
9. Manyukova N.V., Nikonova E.Z., and Sliva E.A. *Statistika m prognozirovaniye v Microsoft Excel*. Nizhnevartovsk, NVGU Publ., 2017, 193 p. (in Russian)

10. Manyukova N.V. and Urazaeva L.Yu. Matematicheskoe modelirovanie v prepodavanii informatsionnykh tekhnologii dlya bakalavrov napravleniya podgotovki «Menedzhment». Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie, Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati B.A. Rogozina, Omsk, 2018, pp. 194–197. (in Russian)
11. Manyukova N.V. and Urazaeva L.Yu. Proektirovanie sistem prinyatiya reshenii dlya prognozirovaniya stsensariiev migratsionnykh protsessov. XXI mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam, Sbornik dokladov v 2-kh tomakh (Sankt-Peterburg, 23–25 maya 2018 g.), Sankt-Peterburg, SPbGETU LETI Publ., vol. 2, pp. 436–439. (in Russian)
12. Nadezhdin E.N. and Bushuev V.D. Metody modelirovaniya v zadachakh issledovaniya sistem organizatsionnogo upravleniya: monografiya. Pod red. E.N. Nadezhdina, Tula, Avtonomnaya nekommercheskaya organizatsiya VPO "Institut ekonomiki i upravleniya", 2011, 280 p. (in Russian)
13. Tsisar' I.F. and Neiman V.G. Komp'yuternoe modelirovanie ekonomiki. Moscow, Dialog-MIFI Publ., 2002. (in Russian)
14. Urazaeva L.Yu. and Datsun N.N. Postroenie stsensariiev prinyatiya reshenii na osnove budstrep-modelirovaniya. Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam, 2018, vol. 1, pp. 603–606. (in Russian)
15. Urazaeva L.Yu. and Galimov I.A. Matematicheskoe issledovanie nekotorykh aspektov migratsii naseleniya. Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, no. 3, pp. 77–85. (in Russian)
16. Fedotov V.Kh., Kol'tsov N.I., and Kos'yanov P.M. Nelineinye avtonomnye kvaziinvarianty dinamicheskikh sistem. Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta, 2018, vol. 21, no. 12, pp. 181–185. (in Russian)
17. Bigo V. Explaining Modern Economics (as a microcosm of society). Cambridge Journal of Economics, 2008, no. 32(4), pp. 527–554.
18. Davis J.B. Heterodox economics, the fragmentation of the mainstream and embedded individual analysis. R. Garnett, J. Harvey (eds.), The Future of Heterodox Economics, Ann Arbor, MI, University of Michigan Press, 2005.
19. Dixon H. Equilibrium and Explanation. J. Creedy (eds.), Foundations Of Economic Thought, Oxford, Basil Blackwell, 1990.

Дата поступления в редакцию: 13.11.2019