

УДК 372.8:378

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН «ЭКОНОМЕТРИКА» И «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ»

<sup>1</sup>Смирнова Т.С., <sup>2</sup>Сафронова Т.И., <sup>2</sup>Соколова И.В.

<sup>1</sup>ФГБВОУ ВПО «Военный университет Министерства Обороны» Российской Федерации,  
Москва, e-mail: smirnova.ts-mos@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,  
Краснодар, e-mail: irin-sokolova@yandex.ru

В настоящее время высшее образование призвано подготовить профессионалов широкого профиля, способных разрабатывать эффективные методы научных исследований. Авторы приводят примеры заданий по дисциплинам «Эконометрика» в Военном университете МО РФ и «Математическое моделирование природных процессов» в Кубанском государственном аграрном университете. Современные математические методы позволяют извлечь максимум информации из исходных данных, оценить, насколько существенны различия между вариантами, дают возможность анализировать данные, выявлять и изучать тенденции и зависимости, пересматривать и вносить изменения в теории. Поэтому исследователь должен знать о преимуществах и ограничениях наиболее часто используемых статистических методов, уметь интерпретировать статистические показатели и понимать, какие статистические методы подходят для определенной цели и конкретного набора данных. Приведены примеры исходных данных в мелиоративных исследованиях: среднееголетние значения температур почвы на определенной глубине, градусы; среднееголетние значения продуктивных влагозапасов в определенном слое почвы, мм; мощность гумусового горизонта, см; негативные свойства почв – засоление, солонцеватость, каменистость. Рассмотрен пример обработки экспериментальных данных из мелиоративной практики. В различных экономических ситуациях применяются временные ряды. На занятиях рассматривается выравнивание временного ряда методом экспоненциального сглаживания. Для проверки знаний обучаемых проводится промежуточная аттестация в форме теста. Приведены примерные вопросы одного из тестов с несколькими предполагаемыми ответами.

**Ключевые слова:** математическая подготовка студентов, профессионально ориентированное обучение, моделирование природных процессов

## METHODOICAL FEATURES OF TEACHING DISCIPLINES OF «ECONOMETRICIAN» AND «MATHEMATICAL MODEL OPERATION OF NATURAL PROCESSES»

<sup>1</sup>Smirnova T.S., <sup>2</sup>Safronova T.I., <sup>2</sup>Sokolova I.V.

<sup>1</sup>Military University of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Moscow,  
e-mail: smir-nova.ts-mos@yandex.ru;

<sup>2</sup>Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, Krasnodar, e-mail: irin-sokolova@yandex.ru

Now the higher education is designed to prepare the professionals of a wide profile capable to develop effective methods of scientific research. Authors give examples of tasks on disciplines of «Econometrician» at the Military university Ministry of Defence of the Russian Federation and «Mathematical Model Operation of Natural Processes» in the Kuban state agricultural university. The modern mathematical methods allow to take information maximum from input datas, to estimate, differences between options are how essential, give the chance to analyze data, to reveal and study trends and dependences, to reconsider and make changes in the theory. Therefore the researcher has to know about advantages and restrictions of the most often used statistical methods, to be able to interpret statistics and to understand what statistical methods are suitable for a definite purpose and a concrete data set. Examples of input datas in meliorative researches are given: mean annual values of temperatures of the soil at a particular depth, degrees; mean annual values of productive moisture contents in a particular layer of earth, mm; power of the humic horizon, cm; negative properties of soils – salinization, salt content, rockiness. An example of data interpretation from meliorative practice is reviewed. In various economic situations time series are applied. On occupations alignment of a time series is considered by method of exponential smoothing. For an examination of trainees the intermediate certification in the form of the test is carried out. Approximate questions of one of tests with several estimated answers are given.

**Keywords:** mathematical training of students, professionally focused tutoring, modeling of natural processes

Актуальность изучения дисциплин «Эконометрика» и «Математическое моделирование природных процессов» в рамках образовательных программ обусловлена требованиями государственного образовательного стандарта – сформировать у обучаемых следующие компетенции:

– способность применять математический инструментарий для решения практических задач;

– способность строить стандартные теоретические и эконометрические модели, необходимые для решения профессиональных задач;

– анализировать и интерпретировать полученные результаты.

Цель исследования: выявление методических особенностей преподавания дисциплин «Эконометрика» и «Математическое моделирование природных процессов».

### Материалы и методы исследования

Основная цель занятий по указанным дисциплинам – формирование и развитие умений и навыков построения и анализа моделей реальных экономических или природных явлений и процессов [1].

Свойство условных единиц (например, почвенных горизонтов на параллельных делянках полевого опыта) отличаться друг от друга даже в однородных совокупностях называется изменчивостью или варьированием.

Варьирующими признаками у растений являются их высота, содержание протеина, количество и масса зерен в колосе и др.; у почвы – рН, содержание  $C_{\text{орг}}$ , тяжелых металлов. Колебание, изменчивость, вариация – результат влияния различного сочетания внешних условий, не всегда поддающихся учету и определяемое часто как следствие случайных причин, вызывающих различия в изучаемых признаках. Следовательно, при любом исследовании данные опытов будут всегда варьировать в тех или иных пределах.

Варьирование признаков создает трудность в тех случаях, когда требуется дать общую характеристику определенной совокупности растений, почв, почвенных горизонтов и т. п. по отдельным признакам или сравнить две такие группы и найти различие между ними. Совершенно очевидно, что не всегда возможно исследовать по тому или другому признаку всю совокупность. В этих случаях прибегают к изучению части ее, по которой делают общее заключение.

Для успешного решения практических задач любого рода требуется грамотно формализовать имеющиеся массивы информации и сформировать из них данные для решения поставленной задачи; корректно сформулировать саму задачу исследования; построить модель процесса и провести анонсированное исследование; и, наконец, сделать выводы, корректно интерпретируя полученные математические результаты. В связи с появлением компьютеров исследование явлений и процессов методами математического моделирования занимает ведущее место среди других методов исследования.

Модель – это описание процесса или явления на формализованном языке. Такое описание особенно полезно, если исследование физически невозможно или затруднено.

Модели принято разделять на типы:

- регрессионные модели с одним уравнением
- временные ряды
- системы одновременных уравнений.

*Регрессионные модели с одним уравнением* – используются одномоментные

данные по какому-либо показателю, полученные для однотипных объектов. Например, данные об урожайности на опытных делянках в зависимости от доз внесенного удобрения.

*Временные ряды* – данные об одном объекте, фиксирующие показатели процесса в динамике, т.е. в определенные последовательные моменты времени. Например, метеоусловия в вегетационный период.

*Системы одновременных уравнений* – занимают промежуточное положение: они отражают данные наблюдения за несколькими объектами. Например, дифференциальное уравнение продуцирования углерода  $CO_2$  разрешено относительно производной  $\frac{dCO_2}{dt}$ . И эта производная входит в уравнение динамики общего органического вещества почвы

$$\frac{dOM}{dt} = I(t) - \frac{dCO_2}{dt}.$$

$OM$  – органическое вещество (organic matter),  $I(t)$  – поступление свежего опада.

По зафиксированным данным предполагается постановка задачи. В качестве аргументов могут рассматриваться пространственные координаты:  $x$  – при проботборе вдоль линии;  $x, y$  – две координаты при площадном проботборе с конкретной глубиной;  $x, y, z$  – при пространственном проботборе. В других задачах аргументом может быть время – при изучении сезонной динамики свойств почв. Задачи носят, как правило, двуединый характер – на основе анализа полученных данных создать модель рассматриваемого процесса и сделать прогноз его развития.

Проведение занятий должно быть направлено на интенсификацию и индивидуализацию обучения с применением интерактивных форм обучения.

Актуальной интерактивной формой лекций является лекция с разбором конкретных ситуаций (кейс-метод). Особенностью такого вида лекций является то, что преподаватель ставит на обсуждение не вопросы, а конкретную ситуацию из практической или будущей профессиональной деятельности обучающихся. Такая ситуация представляется в виде реальных экономических или природных данных. Обучающиеся анализируют и обсуждают эти микроситуации сообща, предлагая способы действия для разрешения представленной проблемы.

В целях обеспечения наглядности обучения, повышения уровня усвоения знаний, мотивации изучения дисциплины используются мультимедиа-средства и информационные технологии.

В различных экономических ситуациях применяются временные ряды. На занятиях рассматриваем выравнивание временного ряда методом экспоненциального сглаживания.

Для проверки знаний обучаемых проводится промежуточная аттестация в форме теста. Приводим примерные вопросы одного из тестов с; объем выборки  $n = 12$ ; коэффициент детерминации  $R^2 = 0,6$ ;  $F_{кр} = 4,96$  (при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ). Тогда вывод можно сделать на основе теста Фишера:

1) уравнение регрессии статистически значимо;  $\hat{y} = 2 - 1,3x$ ; объем выборки  $n = 12$ ; коэффициент детерминации  $R^2 = 0,6$ ;  $F_{кр} = 4,96$  (при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ ). Тогда вывод можно сделать на основе теста Фишера:

2) уравнение регрессии статистически незначимо;

3) отсутствует авто коррелированность остатков;

4) прогнозное значение  $\hat{y}$  при  $x = 1$  равно 0,9.

1. Проверка наличия автокорреляции в остатках проводится с помощью:

1) теста Спирмена; 2) теста Фишера; 3) теста Стьюдента; 4) теста Дарбина-Уотсена.

2. Для оценивания параметров точно идентифицируемой системы одновременных эконометрических уравнений используется:

1) метод наименьших квадратов;

2) двухшаговый метод наименьших квадратов;

3) косвенный метод наименьших квадратов;

4) трехшаговый метод наименьших квадратов.

3. Между факторами  $X$  и  $Y$  существует слабая зависимость. Какой из коэффициентов корреляции свидетельствует об этом:

1)  $-0,65$ ; 2)  $0,1$ ; 3)  $-0,95$ ; 4)  $0,25$ .

4. В чем заключается явление гетероскедастичности:

1) математическое ожидание остаточной компоненты равно нулю;

2) дисперсия остаточной компоненты равна нулю;

3) дисперсия остаточной компоненты постоянна;

4) дисперсия остаточной компоненты не постоянна;

6. Какое из перечисленных регрессионных уравнений получает-

ся по следующей группе данных:  $\bar{x} = 100$ ;  $\sigma_x = 5$ ;  $\bar{y} = 5$ ;  $\sigma_y = 1$ ;  $r_{xy} = 0,9$ .

1)  $\hat{y} = 13 + 0,18x$ ; 2)  $\hat{y} = -13 + 0,18x$ ;

3)  $\hat{y} = 13 - 0,18x$ ; 4)  $\hat{y} = 18 - 0,13x$ ?

Теперь рассмотрим примеры дисциплины «Математическое моделирование природных процессов». Различают много видов мелиорации. Основными из них являются орошение, осушение, борьба с эрозией почв, фитомелиорация, химическая мелиорация. С развитием технического прогресса приемы мелиорации совершенствуются, разрабатываются новые технические средства регулирования воздушного, водного, питательного и теплового режимов почв [2].

При проведении мелиоративных исследований выполняются следующие наблюдения и исследования: метеорологические наблюдения; определение водно-физических свойств почвы (гранулометрический состав, наименьшая влагоемкость, влажность почвы, плотность сложения, плотность твердой фазы почвы, структура почвы.); определение агрохимических свойств почвы (содержание гумуса, содержание обменного калия, подвижного фосфора, нитрификационная способность и др.); определение содержания токсичных солей; содержание обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе; уровень грунтовых вод; химизм грунтовых вод; фенологические и биометрические наблюдения [3].

Важнейшую роль в современной мелиоративной науке играют статистические методы исследований и обработки полученных данных. Эксперимент позволяет исследователю накопить факты, но это еще не решение проблемы. Накопленные факты следует анализировать [4].

Современные математические методы позволяют извлечь максимум информации из исходных данных. Математическая статистика изучает методы систематизации и обработки статистических данных. Используя результаты, полученные теорией вероятностей, позволяет не только оценить значения искомых характеристик, но и выявить степень точности выводов, получаемых при обработке исходных данных.

*Пример.* Определить среднюю плотность почвы по данным выборки, представленным в таблице [5].

Распределение плотности дерново-подзолистой почвы в пахотном слое

$x_i$	1,03	1,13	1,18	1,23	1,28	1,33	1,38	1,43	1,48	1,53
$n_i$	7	19	21	29	26	18	12	9	6	3

$$\bar{x}_b = \frac{1,03 \cdot 7 + 1,13 \cdot 19 + \dots + 1,53 \cdot 3}{n} = \frac{189,60}{150} = 1,264.$$

Итак,  $\bar{x}_g = 1,264$  – оценка средней плотности почвы по рассматриваемой выборке.

Выборочная дисперсия, вычисленная по  $n$  независимым наблюдениям над случайной величиной  $X$ , не является несмещенной оценкой генеральной дисперсии  $S^2$ , так как математическое ожидание оценки  $M(S_g^2)$  не равно оцениваемому параметру  $S^2$ , то есть выборочная дисперсия является смещенной оценкой для генеральной дисперсии [6]. Математическое ожидание  $M(S_g^2)$  отличается от  $S^2$  множителем  $\frac{n-1}{n}$ . При большом объеме выборки это различие не столь ощутимо. Если же объем выборки мал, то приходится выборочную дисперсию дополнить множителем  $\frac{n}{n-1}$ .

Коэффициент вариации (изменчивости)  $V$  представляет отношение среднего квадратического отклонения к среднему арифметическому и выражается в процентах

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%.$$

Рассмотрим необходимость коэффициента вариации на примере. Пусть среднее квадратическое отклонение по результатам определений уровня грунтовых вод равно 5 см. Если средняя высота подъема уровня грунтовых вод равна 10 см, то  $\sigma = 5$  см говорит о большой неоднородности в повторности измерений. Если же  $\sigma = 5$  см получена при среднем уровне грунтовых вод в 250 см, то среднее квадратическое отклонение можно считать небольшим. Отсюда следует, что большое и малое значения среднего квадратического отклонения относительно. Для определенного суждения необходимо знать соответствующее среднее значение признака [7].

Рассмотрим доверительный интервал для оценки математического ожидания нормально распределенной случайной величины в случае малого объема выборки

По данным 9 измерений содержания физической глины ( $<0,01$  mm) в гранулометрическом составе почвы найдены: средняя результатов измерений  $\tilde{x} = 88$  и «исправленное» среднее квадратическое отклонение  $\hat{S} = 6$ . Найдите границы, в которых с надёжностью 0,99 заключено истинное значение измеряемой величины.

Среднее квадратическое отклонение результатов измерений неизвестно, поэтому для определения границ истинного

значения воспользуемся доверительным интервалом:

$$\tilde{x} - \frac{t_\gamma \cdot \hat{S}}{\sqrt{n}} \leq \bar{x} \leq \tilde{x} + \frac{t_\gamma \cdot \hat{S}}{\sqrt{n}},$$

где  $\tilde{x}$  – выборочная средняя результатов измерений,  $\hat{S}$  – «исправленное» среднее квадратическое отклонение,  $n$  – объём выборки,  $t_\gamma$  – найдём по таблице значений  $t$ -критерия при  $\gamma = 0,99$  и  $v = n - 1 = 8$  степеням свободы.  $t_{0,99} = 3,355$ . Тогда искомым доверительный интервал примет вид:

$$88 - \frac{3,355 \cdot 6}{\sqrt{9}} \leq \bar{x} \leq 88 + \frac{3,355 \cdot 6}{\sqrt{9}}.$$

После вычислений получим:

$$81,29 \leq \bar{x} \leq 94,71.$$

### Результаты исследования и их обсуждение

Практическая значимость дисциплин «Эконометрика» и «Математическое моделирование природных процессов» определяется тем, что применение разработанных методов позволяет выявить реально существующие связи между процессами и между показателями внутри сложного процесса; дать обоснованный прогноз развития процесса в заданных условиях; проверить эффективность построенной модели.

Изучение дисциплин предполагает приобретение обучающимися опыта построения математических моделей, принятия решения о спецификации и идентификации модели, выбора метода оценки параметров модели, интерпретации результатов, получение прогнозных оценок [8].

### Заключение

Разработанный комплекс профессионально ориентированных задач показывает взаимосвязь специальных дисциплин и математики. В результате его применения у студентов формируются умения решать профессиональные задачи, используя математический аппарат [9–11]. Таким образом, особенности преподавания дисциплин «Эконометрика» и «Математическое моделирование природных процессов» – практико-ориентированность, учет особенностей будущей профессии, что составляет основу компетентностного подхода в преподавании математики [12].

**Список литературы**

1. Сафронова Т.И., Соколова И.В. О дисциплине «Математическое моделирование процессов в компонентах природы» на факультете гидромелиорации // Международный журнал экспериментального образования. 2018. № 3. С. 27–31.
2. Владимиров С.А., Амелин В.П., Гронь Е.И. Алгоритм реконструкции и проектирования ландшафтно-мелиоративных систем нового поколения // Науч. журнал Труды КубГАУ. 2009. Вып. 4 (19). С. 209–215.
3. Лисуенко К.Э., Соколова И.В. Оценка состояния почв сельскохозяйственных районов Краснодарского края // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2016 год. 2017. С. 231–234.
4. Кондратенко Л.Н., Касьянова Е.В. Рациональное использование земли на основе экономико-статистического анализа показателей в ООО «АПФ «Рубин» // Научные исследования – сельскохозяйственному производству: материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 431–437.
5. Сафронова Т.И., Соколова И.В. О дисциплине «Математическое моделирование и проектирование» на агрономическом факультете // Математика в образовании: сборник статей. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Межрегиональная общественная организация «Женщины в науке и образовании». Чебоксары, 2016. С. 88–92.
6. Методические указания и контрольные задания по курсу «Математическая статистика» [Электронный ресурс]. URL: <http://userdocs.ru/matematika/8835/index.html> (дата обращения: 27.02.2019).
7. Сафронова Т.И., Степанов В.И. Математическое моделирование в задачах агрофизики: Учебное пособие для студентов высших аграрных учебных заведений, обучающихся по направлениям 110200 – «Агрономия», 280400 – «Природообустройство» / М-во сел. хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Кубанский гос. аграрный ун-т». Краснодар, 2012. 183 с.
8. Гольдман Р.Б. Общекультурные аспекты математического образования // Высшее образование в аграрном вузе: проблемы и перспективы: Сборник статей по материалам учебно-методической конференции. Отв. за вып. Д.С. Лилякова. Краснодар, 2018. С. 41–42.
9. Сергеев А.Э. Практически-ориентированное обучение при изучении математики // Практико-ориентированное обучение: опыт и современные тенденции: Сборник статей по материалам учебно-методической конференции. 2017. С. 100.
10. Карманова А.В., Кондратенко Л.Н., Литвиненко Г.Н. Теоретические основы отбора профессионально ориентированного содержания курса математики для студентов агробиологических направлений аграрных вузов // Общество: социология, психология, педагогика. 2017. № 8. С. 112–116.
11. Вахрушева Н.В. Проектная деятельность бакалавров направления «Экономика» в рамках изучения курса «Финансовая математика» // Тенденции и перспективы развития математического образования. Материалы XXXIII Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов, посвященного 100-летию ВятГУ. 2014. С. 143–144.
12. Третьякова Н.В. Преимущество и адаптация в образовании. В сборнике: Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год: сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей. 2018. С. 245–246.