

$$\bar{A} = 42,26901 \exp(0,0025558B^{0,13050}) + 0,00011773B^{10,15028} \exp(-0,99780B) \quad (8)$$

до четвертого ранга бонитета в среднем по Евразии растут сосны 42,3-летнего возраста и только с пятого ранга начинается повышения среднего возраста сосняков, получая максимум 115 лет в Vb классе бонитета.

Статья опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мазуркин, П.М. Статистическое моделирование. Эвристико-математический подход / П.М. Мазуркин. - Научное издание. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. - 100с.
2. Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. - Киев: Техника, 1975. - 768 с.
3. Скурихин В.И. Математическое моделирование / В.И. Скурихин, В.Б. Шифрин, В.В. Дубровский. - Киев: Техника. 1983. - 270 с.
4. Усольцев, В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В.А. Усольцев. - Екатеринбург: УрО РАН, 2001. - 706 с.
5. Ловелиус, Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н.В. Ловелиус. - Л.: Наука, 1979. - 232 с.
- Гумилев, Л.Н. От Руси до России: очерки этнической истории / Л.Н. Гумилев. - М.: Айрис-пресс, 2007. - 320 с.
6. Мазуркин, П.М. Биотехническое проектирование (справочно-методическое пособие) / П.М. Мазуркин. - Йошкар-Ола: МарПИ, 1994. - 348 с.
7. Мазуркин, П.М. Геоэкология: Закономерности современного естествознания / П.М. Мазуркин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. - 336 с.
8. Мазуркин, П.М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: Учебное пособие / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. - 292 с.
9. Мазуркин П.М. Лесоаграрная Россия и мировая динамика лесопользования / П.М. Мазуркин. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. - 334 с.
10. Рысин, Л.П. Исторический фактор в современной сукцессионной динамике лесов Центра Русской равнины / Л.П. Рысин // Лесоведение. 2006. - № 6. - С.3-11.
11. Тарасенко, В.П. Русский лес в антропогене / В.П. Тарасенко, В.К. Тепляков. - М.: ИД «Лесная пром-сть», 2006. - 400 с.

БИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАКОН И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Мазуркин П.М.

*Марийский государственный технический университет
Йошкар-Ола, Россия*

Исследователь должен постоянно помнить слова Бэкона о том, что «ставить эксперимент, - это учинить допрос природе» (цит. по [2]). Это значит, что ставить планируемый эксперимент (да и пассивный тоже) в эргатической и природохозяйственной системе - это учинить допрос людям и другим живым существам. Например, в лесотехнических системах допрос учиняется работникам леса и самым примитивным образом (из-за малого знания) учиняется допрос лесам, то есть жизненно значимым и для людей биологическим существам.

Особое внимание должно быть уделено исследованию функционирования эргатических систем (например, бригада лесорубов с лесозаготовительным оборудованием), где даже присутствие регистраторов информации психологически воздействует на изменение производительности труда. Немалую осторожность требует применение методов планирования эксперимента (однофакторного, многофакторного), которые, по нашему мнению, необходимо использовать по возможности только в технических экспериментах. Например, планирование эксперимента позволяет эффективно исследовать физико-химические процессы, представляющие собой сложный комплекс элементарных физико-химических явлений, совмещенных в точке пространства [3].

Пространственная локализация многих видов физико-химических процессов позволяет эффективно перевести эвристический язык топологических структур [4, с.4], а с другой стороны, требует активного вмешательства человека в изменение исходных условий физико-химических взаимодействий. Функции взаимодействий имеют высокую определенность, поэтому принципы эвристической самоорганизации ведут к рациональным конструкциям математических моделей.

Построение их здесь поддается автоматизации. Сценарии автоматизации нами были разработаны применительно к идентификации обобщенной формулы асимметричных вейвлет-сигналов. Однако в естественных условиях многие физико-химические взаимодействия явным образом не проявляются, а если и проявляются, то в весьма замедленном изменении значений факторов. Поэтому в таких условиях методы планирования эксперимента незаменимы. С использованием МЭРА возможно использование «нежестких» методов планирования, как, например, с неполным сочетанием значений факторов и т.д.

Иначе говоря, при использовании МЭРА исследователь может вести свои наблюдения так, как ему «захочется» на следующий момент хода исследования. Применение таких эвристических приемов в ходе проведения спланированного эксперимента позволяет исследователю «идти за процессом», а не заставлять идти процесс за жестко утвержденным заранее планом (который никогда не будет объективно верным) исследования. Аналогично нужно вести бы управленцам при управлении персоналом или же предприятиями, отраслями и экономиками субъектов федерации, странами в мире. Поэтому методика МЭРА является эффективной и в технических планируемых экспериментах и в экономически плавающих во времени и пространстве процессах. Всё зависит от скважности итераций моделирования.

В объектах, где сочетаются потоки вещества и энергии, определенность информации ослабляется. Поэтому, например, Л.С. Попырин в своей работе [5, с.20] настоятельно рекомендует использовать эвристики при математическом моделировании работы теплоэнергетических установок. В таких установках уже трудно реализовать принципы планирования эксперимента. Здесь эффективно использование регрессионного поискового эксперимента с разработкой и идентификацией моделей по методике МЭРА.

Наиболее сложно моделирование функционирования технических и природно-техногенных систем в условиях сельскохозяйственного производства. Инженерная служба этих предприятий в основном руководствуется личным опытом, интуицией, здравым смыслом и некоторым набором рецептов, выработанных практикой [6, с.8]. Поэтому в моделях должно находить понимание сущности сельскохозяйственных явлений и процессов [6, с.10]. Сложность, случайность и высокая изменчивость (динамичность) значений факторов - это неотъемлемые свойства сельского хозяйства (лесное хозяйство сложно многолетними циклами воспроизводства лесных деревьев). Поэтому планирование эксперимента здесь не только не эффективно, но зачастую приводит к неверным результатам (к ложной эвристической идентификации). Даже на опытных участках селекционеров, рассчитанных с высокой степенью жесткости изменения признаков, к сбору урожая привходит «дрейф» исследуемых факторов. Формальная математика здесь бессильна.

Производственный процесс в полеводстве происходит в среде, где протекают биологические процессы [6, с.17]. Нестабильность факторов, ярко выраженная сезонность, динамичность технических систем (даже в течение одного дня изменяются условия функционирования) требуют применения эвристико-математического подхода. В таких условиях разработку моделей целесообразно вести с применением МЭРА.

Не меньшую сложность и неопределенность имеют процессы и явления в лесохозяйст-

венном производстве и на лесозаготовках [7, 8]. Кроме локальных динамических явлений, в лесном хозяйстве оказывают сильное влияние как явления прошлого, так и перспективы будущего. Так как период «созревания» деревьев доходит до 100-120 и более лет. Естественно, планировать эксперимент на такое время бессмысленно. Кроме того, даже при генетических исследованиях на саженцах (3-8 лет) происходит напластования стольких дополнительных случайных факторов, что активный эксперимент и соответствующее формальное моделирование становятся нереализуемыми.

В сельскохозяйственном и лесохозяйственном производствах всегда участвуют биологические процессы (роста, отношения между видами, влияние вредителей, гниения др.). Поэтому частные функции всегда явно или неявно не линейны. В таких условиях МЭРА оказывается вне всякой конкуренции, а для природохозяйственных и эргатических систем - единственной альтернативой моделирования.

Попытки уйти от «жесткой» стратегии поиска привели к теории статистического эксперимента, развитой под руководством Г.И. Марчука [9] к решению широкого круга прикладных задач. По этой теории предварительно определяется возможность планирования эксперимента. Планирование эксперимента всегда предполагает известность структуры исходной модели. Поэтому этапы разработок конструкции модели, изложенные нами в первых трех главах, применимы и к условиям планирования эксперимента.

По данным [10, с.5] для большинства задач регрессионного анализа и планирования эксперимента приближенные решения системы уравнений являются неустойчивыми. При формальном подходе адекватная модель может быть не истинной, а истинная математическая модель (в нашем случае истинность достигается соблюдением критериев эвристической самоорганизации) всегда адекватна [10, с.6].

Основная идея факторного эксперимента (планируемого) состоит в одновременном искусственном варьировании многих факторов при проведении опытов. Достоинство планирования эксперимента состоит в том, что, по мнению В.И. Асатуряна [11, с.7], достигается увеличение радиуса обследуемой гиперсферы факторного пространства заданием границ изменения каждого фактора.

Методом планирования [12] естественная система искусственно возбуждается, что за короткое время приводит к широкой вариации свойств и признаков функционирования. Но многие системы, а тем более эргатические, «не хотят» возбуждаться, поэтому планирование эксперимента всегда требует больших затрат по сравнению с пассивным экспериментом.

В любой экспериментальной задаче всегда существует два аспекта: планирование экспери-

мента и статистический анализ данных. Метод анализа непосредственно зависит от использования плана [10, с.7]. Реальный промышленный процесс обычно приводит в искажению оптимальных условий первоначального плана. В результате «дрейфа» факторов выходной результат уходит от оптимальных точек [10, с.332]. По нашим данным, в последнем случае «дрейф» планирования выправляется по методике МЭРА, которая требует минимума работ по планированию (необходимо только планирование условий регистрации данных) и максимума статистического анализа остатков. Промежуточные статистические проверки, при достоверности конструкции математической модели ранее созданной концептуальной модели функционирования объекта, излишни.

Формальное моделирование сдает свои позиции даже в таких высоко предельных (информационно) и однородных (по потокам вещества, энергии и информации) объектах, как радиотехнические системы. Моделирование функционирования реальных радиотехнических систем должна учитывать теперь не только информационно определенные информационные процессы, но и учитывать изменения состояний технических объектов и влияние обслуживающего персонала. В связи с высоким эвристическим характером природохозяйственных и лесозащитных исследований формальная математическая оптимизация все время должна перемежаться с сознательной логико-диалектической познавательной деятельностью разработчика.

Исследователь должен активно воздействовать на решение, анализировать результаты и, если необходимо, менять критерии и состав модели, пересматривать методы оптимизации, обеспечивать сходимость процесса поиска лучшего решения.

Иначе говоря, без учета эвристических характеристик всегда происходит «рысканье» или «тремор» в поведении исследователя. Такие панические ситуации не будут возникать, если до идентификации модели выполнены принципы эвристического оптимума и предельного гомоморфизма.

Метод планирования эксперимента как некая «вещь» похож на прибор, сознательно создающий случайности в детерминированном протекании процессов. В этой связи мы можем применить парадокс Н. Винера [13, с.53] к пониманию механизма воздействия планирования эксперимента на функционирование исследуемого объекта. Парадокс заключается в том, что «хорошая экстраполяция гладкой кривой, по-видимому, требовала применения точного и чувствительного прибора, чем наилучшее возможное предсказание негладкой кривой: в каждом отдельном случае выбор прибора зависел бы от статистической природы предсказываемого явления». По мнению Н. Винера такое противоречие аналогично прин-

ципу неопределенности Гейзенберга в квантовой механике, т. е. противоречия изменению положения и количества движения [13, с.54].

Отсюда следует, что стабильные процессы для своего статистического исследования требуют применения «возбуждающего прибора», каким является метод планирования эксперимента. Этот «прибор», естественно, может быть использован только в тех объектах, где «возбуждение» не влияет на качество естественного функционирования. В биолого-экологических, биотехнических, а также эргатических системах, условия первичности свойств объекта сильно зависят от «возбуждающего прибора».

В стохастических процессах использование «возбуждающего прибора» практически нецелесообразно, так как естественное функционирование проходит по гладкой кривой. Стохастика поведения системы может коснуться большого числа факторов, поэтому запись одновременно изменяющихся факторов может быть осуществлена только системой автоматических устройств.

Если снова вернуться к словам Бэкона, то исследователь должен не допрос природу учинять, а внимательно слушать её дыхание (всякое дыхание да славит Господа) и на этой основе получать «зеркальное отображение» поведения природы в виде математических моделей.

Методика МЭРА. При проведении экспериментальных исследований, например в природообустройстве и инженерной экологии, защите окружающей природной среды и рационализации природопользования, на основе регистрационных пассивных экспериментов, необходима предварительная разработка эвристик (алгоритмов в интуитивном смысле) и иерархических графов взаимосвязей между учитываемыми переменными, так как без них легко впасть в желание упрощать общую экологическую, экономическую и техническую картину изучаемого явления или процесса. В дальнейшем нами была разработана методология полного факторного анализа [14], исключающая построение графов взаимосвязей. В итоге эвристический этап значительно упростился.

В этой связи процитируем следующее [15, с.314]: «В регрессионной модели математические ошибки вызваны неточным выбором уравнения регрессии, формирующаяся под влиянием множества взаимосвязанных фактов, имеет очень сложную структуру, и её нельзя описать с помощью тех сравнительно простых функций, которые обычно применяются в статистике».

Этап отбора уравнений регрессий в нашей методологии идентификации устойчивых законов распределении чрезвычайно упрощается и этот процесс даже можно автоматизировать, создав специальный программный комплекс.

Если исследователь на эвристико-логических этапах правильно выбрал количество факторов (пусть будет больше, чем это кажется надо) и организовал избыточную структуру их

взаимосвязей постепенным наращиванием количества составляющих, то в дальнейшем с помощью ПЭВМ (в интерактивном режиме) исследователь будет идентифицировать как параметры, так и структуру регрессионной модели по принципу «от простого к сложному».

В итоге происходит преобразование исходной простой регрессионной модели в виде биотехнического закона и его фрагментов в готовую для дальнейшего употребления модель со множеством аддитивных составляющих. Готовая сложная модель с волновыми составляющими будет приближена максимально по структуре, числу факторов и значениям параметров модели к фактическим данным (матрице чисел или так называемой *табличной модели*). Такой процесс идентификации во многом поддается автоматизации.

В общем случае применение МЭРА включает следующие этапы [1]:

- 1) анализ задачи, исследование целей;
- 2) разработка концептуальной модели и эвристик;
- 3) выявление множества факторов, показателей и критериев;
- 4) выявление возможностей получения информации по прошлым статистическим данным или регистрации (измеримости) текущей информации о факторах и показателях;
- 5) выделение множеств и подмножеств объясняющих выбранные показатели переменных, выявление их иерархичности и многомерности; переход (при возможности) к первичным переменным вместо использования производных факторов;

б) выбор критерия из множества показателей или выбор обобщенного критерия (показателя) путем принятия способа свертки иерархического множества показателей и построения графов взаимосвязей между отдельными показателями;

7) сбор количественных данных и формирование матрицы исходных данных;

8) анализ (с привлечением экспертов) физической (в широком смысле) сущности влияния отдельных объясняющих переменных на показатель;

9) выбор вида бинарных взаимодействий между показателями и объясняющими переменными (построение характеристических безразмерных графиков, выбор по ним устойчивых законов или подходящих по смыслу математических конструкций);

10) проектирование конструкции из математических выражений (конструктов) общей регрессионной модели или смешанной аналитико-регрессионного комплекса моделей;

11) поиск регрессионных коэффициентов (параметров модели) и интерактивное уточнение конструкции регрессионной или смешанной модели с использованием ПЭВМ и специальных программных обеспечений;

12) статистическое исследование остатков между фактическими и теоретическими значениями показателей;

13) исследование модели и выработка множества рекомендаций.

На 12-ом этапе вначале устанавливаются классы ожидаемой точности и надежности результатов моделирования по классификациям [90], которые даны в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1.

Характеристики точности расчетов [16, с.287]

Класс точности	Степень точности расчетов	Отклонения при размере измеряемых величин, %:		
		малые	средние	большие
I	Повышенная	до 5	до 3	до 1
II	Обыкновенная	5.1-15	3.1-10	1.1-5
III	Приближенная	15.1-25	10.1-20	5.1-10
IV	Ориентировочная	25.1-50	20.1-40	10.1-20
V	Прикидочная	свыше 50	свыше 40	свыше 20

Все указанные этапы выполняются при решении сложных задач с участием в исследуемых объектах людей и биологических объектов. При использовании конкретной производственно-управленческой информации достаточно выполнение этапов 1, 3, 6-13.

Из 11-ого этапа, в зависимости от качества промежуточных решений и необходимости подключения дополнительных данных и эвристик (фреймов знаний) по интерактивной схеме возможен возврат в любой из предыдущих этапов. Выход на дальнейшее исследование остатков происходит после оценки адекватности выходных результатов регрессионной модели и матрицы числовых данных показателей.

Для экологических, экономических и технологических (в сельском хозяйстве, экологии и природообустройстве) расчетов допускается риск до 30%, для лесотаксационных исследований - до 10%, а для исследований технических объектов - до 5%. Надежность расчетов соответственно составляет 70, 90 и 95%. Методика МЭРА для структуризованных природных объектов (например, качественный лесной древостой) и высокоорганизованных эргатических систем (передовые операторы, экипажи, бригады, цеха, участки, предприятия и т.д.) позволяет добиться надежности до 95-99%.

Таблица 2.

Характеристики надежности расчетов [16, с.285]

Класс надежности	Степень надежности расчетов	Доверительная вероятность, %	Доверительный интервал, $t\sigma$
A	Практически достоверные	свыше 99.7	свыше 3
B	С малым риском*	95	$1.96 \approx 2$
C	Со средним риском	80	1.3
D	С повышенным риском	60	0.8
E	Азартные	менее 60	до 0.8
G	Неопределенные	неизвестна	неизвестна

Примечание: *Риск ошибки расчетов - это вероятность того, что фактическая ошибка может выйти за пределы доверительного интервала; если доверительная вероятность равна 95%, то риск составляет 5%.

Статья опубликована при поддержке гранта 3.2.3/4603 МОН РФ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мазуркин, П.М. Статистическое моделирование. Эвристико-математический подход / П.М. Мазуркин. - Научное издание. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. - 100с.
2. Мысли ученых о науке. - Кишинев: Штиинца, 1971. - 88 с.
3. Компьютер обретает разум: Пер. с англ. / Под ред. и с предисл. В.Л.Стефанюка. - М.: Мир, 1990. - 240 с.
4. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. Топологический принцип формализации / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов. - М.: Наука, 1979. - 394 с.
5. Попырин, Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок / Л.С. Попырин. - М.: Энергия, 1978. - 416 с.
6. Павлов, Б.В. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий / Б.В. Павлов, П.В. Пушкарева, П.С. Щеглов. - М.: Колос, 1982. - 288 с.
7. Моисеев, Н.А. Воспроизводство лесных ресурсов / Н.А. Моисеев. - М.: Лесная пром-сть, 1980. - 264 с.
8. Редькин, А.К. Основы моделирования и оптимизации лесозаготовок: Учебник / А.К. Редькин. - М.: Лесная пром-сть, 1988. - 256 с.
9. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики / Г.И. Марчук. - М.: Наука, 1980. - 536 с.
10. Монтгомери, Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери. - Л.: Судостроение, 1980. - 384 с.
11. Асатуриян, В.Н. Теория планирования эксперимента: Учеб. пособие / В.Н. Асатуриян. - М.: Радио и связь, 1983. - 248 с.
12. Математическая теория планирования эксперимента / Под ред. С.М. Ермакова. - М.: Наука, 1983. - 392 с.
13. Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. - 2-е изд. - М.: Наука, 1983. - 344 с.
14. Арзамасцев, А.Д. Факторный анализ сельскохозяйственного производства / А.Д. Арзамасцев, П.М. Мазуркин, Н.В. Максимец. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. - 388 с.
15. Пасхавер, И.С. Общая теория статистики. Для программированного обучения / И.С. Пасхавер, А.Л. Яблочник. М.: Финансы и статистика, 1983. - 432 с.
16. Суслов, И.П. Основы теории достоверности статистических показателей / И.П. Суслов. - Новосибирск: Наука. 1979. - 304 с.

БИОТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАКОН И ВИДЫ ФАКТОРНЫХ СВЯЗЕЙ

Мазуркин П.М.

Марийский государственный технический университет
Йошкар-Ола, Россия

Далее рассмотрим неоднородности распределений $\hat{x} \leftrightarrow \hat{y}$ для случаев однофакторного моделирования. Полученные методические выводы можно экстраполировать на идентификацию многофакторных статистических моделей [1]. Традиционно модели строятся для изучения корреляционных связей между факторами. В реальных условиях, особенно в экологии и экономике, существуют так же некорреляционные связи, которые называются скедастическими.

По этому поводу в работе [3, с.63] отмечается следующее: «Стохастическая связь имеет два частных случая - корреляционную и скедастическую связь. Если при изменении одной величины изменяются только средние значения другой (и наоборот), а дисперсия и тип закона распределения остаются неизменными, такая связь называется корреляционной Если же меняется только дисперсия, а среднее арифметическое постоянно, то это скедастическая связь». Производственные и природохозяйственные связи являются корреляционно-скедастическими.

На рис. 1 приведены примеры графиков различных взаимосвязей $y = f(x)$. Эти графики вполне наглядны и не требуют дополнительных пояснений.