

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКИ В АНАЛИЗЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

И. М. ХРАБРОВ

(Москва)

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства складывается из высокопроизводительного использования каждым колхозом и совхозом трудовых, денежно-материальных ресурсов и закрепленных за ними сельскохозяйственных угодий.

Рациональному использованию производственных ресурсов способствует экономический анализ, обобщающий хозяйственную деятельность совокупности однородных предприятий.

При анализе хозяйственной деятельности пользуются многочисленными методами, например, способом сравнения, группировок, цепных подстановок, графическим методом, корреляционным и регрессионным анализом, линейным и другими видами программирования и т. д.

В данной статье сделана попытка показать возможности применения методов математической статистики — корреляции и регрессии — в анализе некоторых сторон хозяйственной деятельности совхозов Московской области. Объектом анализа явилось использование трудовых и денежно-материальных ресурсов в полеводстве.

Как известно, урожайность сельскохозяйственных культур является результатом воздействия как многих природных и экономических факторов — осадков и температуры, качества почвы, затрат труда, внесения органических и минеральных удобрений, применения комплекса машин и орудий, так и случайных причин — сроков и качества проведения полевых работ, микрорельефа местности и т. п. В этих условиях нет математически функциональной связи между наличием какого-то определенного фактора и урожайностью; связь здесь корреляционная, т. е. каждому значению фактора x соответствуют несколько значений (разброс) урожайности y и с изменением величин фактора среднее значение y этого разброса закономерно изменяет свое положение.

Из определения корреляционной зависимости y от x следует, что математически она выражается в виде функциональной зависимости условной средней \bar{y} от фактора x , ибо каждому значению x_i соответствует одно определенное значение \bar{y}_i .

Функциональная зависимость $\bar{y}_x = f(x)$ называется корреляционным уравнением, или теоретической регрессией y по x , а ее график — теоретической линией регрессии.

Изучая корреляционную зависимость y от x , выражающуюся в виде теоретического уравнения регрессии $\bar{y}_x = f(x)$, освобождаются от влияния других, «побочных» факторов и устанавливают в среднем, как изменяется y (в данном случае урожайность) под влиянием какого-то фактора x .

Каждое хозяйство располагает своими трудовыми, денежно-материальными и природными ресурсами. Большинство природных ресурсов (осадки, температура, солнечная радиация, почва, рельеф, гидрологический режим) относится к труднорегулируемым факторам производства, следовательно, к независимым от воли отдельных коллективов. Поэтому при сравнении хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий должно быть равенство в отношении природных условий. Приведение к равенству может быть осуществлено двумя путями: 1) выделением природных районов, в пределах которых почвенно-климатические условия относительно одинаковы; 2) количественным измерением влияния этих же условий на эффективность производства.

Оба пути имеют свои преимущества и недостатки.

Первый путь относительно прост, однако следует учесть, что в природе не бывает строго идентичных территориальных условий, поэтому при выделении районов

можно говорить только об относительной однородности природных условий внутри районов, при большой генерализации есть риск объединения в один район территорий с существенно отличными признаками. В небольших по размерам районах имеется недостаточное для статистического анализа количество хозяйственных единиц.

Второй путь более сложен и пока не только практически, но и теоретически по многим вопросам не решен. Поэтому нами выбран первый путь.

Тепло и влага — основные климатические факторы, определяющие условия роста и развития сельскохозяйственных культур.

С учетом тепло- и влагообеспеченности, геоморфологии и почвенного покрова Московскую область делят на три агроклиматических района [4]: Северо-Запад, Центр и Юго-Запад. По характеру почвенного покрова второй агроклиматический район разделяется на два подрайона: II-а с суглинистыми почвами и II-б с песчаными и супесчаными почвами.

По мере продвижения с северо-запада на юго-восток области происходит уменьшение гидротермического коэффициента и увеличение суммы положительных температур, в связи с этим увеличивается вероятность засушливых периодов и обеспеченность теплом теплолюбивых культур (кукурузы на корм, овощных).

На основе оценки сведений об агрохимических и физических свойствах, степени смытости и намытости почв, условиях грунтового увлажнения и дренажа специалисты областного управления и землеустроительной экспедиции института «Росгипрозем» объединили почвы Московской области в 11 агропроизводственных групп. Каждая группа почв входит в тот или иной агроклиматический район, следовательно, вместе с климатическими условиями составляет определенный, в какой-то мере однородный комплекс природных факторов сельскохозяйственного производства.

Наиболее крупными являются первая, вторая и восьмая группы почв, которые в совокупности составляют более 72% пашни.

В результате такой качественной оценки (классификации) почвенно-климатических условий и выделения однородных территорий в значительной мере элиминируется влияние природных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур и можно приступить к анализу эффективности использования экономических факторов — трудовых и денежно-материальных ресурсов. При этом необходимо учесть следующие условия. Социалистические сельскохозяйственные предприятия — колхозы и совхозы по площади землепользования являются очень крупными, поэтому на территории колхоза и совхоза могут встретиться две и более агропроизводственные группы почв. Следовательно, для анализа и оценки хозяйственной деятельности целесообразнее разработать нормативы по тем хозяйствам, почвенный покров которых более или менее однороден (преобладают почвы одной агропроизводственной группы более чем на 70%), или собирать сведения по возделыванию культур в разрезе хозяйственных подразделений (бригад, производственных участков), если по ним имеется хорошо налаженный учет производственных затрат и результатов.

Необходимо получить информацию о затратах труда и денежно-материальных средств по выбранному хозяйству или их подразделениям на 1 га посевных площадей различных культур, на единицу площади пашни и других угодий, которая явится исходным материалом анализа корреляций и уравнений регрессии. Уравнения регрессии, в которых факторами-аргументами являются производственные ресурсы, а функцией — результативный экономический показатель (урожайность, валовая продукция, валовой или чистый доход и т. д.), в экономических исследованиях называются производственными функциями. Производственная функция имеет целью установить закономерную, относительно устойчивую количественную связь между затратами ресурсов и выходом продукции изучаемых производственных комплексов. По смысловому содержанию производственные функции можно сравнивать с эмпирическим установлением нормативов затрат ресурсов на какой-либо вид продукции.

При определении производственных функций предполагается, что затраты ресурсов производятся установленным, апробированным технологическим способом (агротехника, система земледелия), причем с применением более совершенной технологии эти функции меняются. При допущении такого условия следует иметь в виду, что границы эффективных добавочных вложений ограничены и равновероятны повышающаяся, неизменная и понижающаяся нормы производительности дополнительных затрат труда и денежно-материальных средств. Из этого следует, что количественные пропорции между ресурсами и продуктом на разных уровнях интенсивности земледелия могут быть разными.

Рассчитанные таким образом нормативы будут среднестатистическими, фиксирующими фактическое использование ресурсов в хозяйствах; отсюда и оценка хозяйственной деятельности производится по сравнению со средним уровнем использования труда и денежно-материальных средств в данных природно-экономических условиях.

Сравнительная эффективность затрат в совхозах Московской области в выращивании некоторых культур

Совхоз	Озимые				Картофель				Суммарная продукция					
	переменные затраты, руб/га	урожай-ность рас-четная, ц	урожай-ность фак-тическая, ц	% к рас-четной	+	урожай-ность рас-четная, ц	урожай-ность фак-тическая, ц	урожай-ность фак-тическая, ц	% к рас-четной	переменные затраты, руб/га	продукция рас-четная, руб.	продукция фактиче-ская, руб.	+	% к рас-четной
Маслово	65	14,6	12,5	-2,1	-14	102	105	101	3	294	278	198	-80	-29
«Родина»	79	16,0	15,0	-1,0	-6	110	102	75	-8	328	215	200	-15	-7
Авдеевский	50	12,5	12,3	-0,2	-2	90	93	68	3	236	198	181	-17	-8
Зарайский	76	15,7	14,0	-1,7	-11	114	135	108	21	350	281	286	5	2
Чулки-Соколово	49	15,1	12,7	-2,4	-16	81	80	62	-1	195	182	210	28	15
«40 лет Октября»	55	13,6	13,5	-0,1	-1	100	77	63	-23	283	185	184	-1	0
«Большевик»	69	15,0	13,6	-1,4	-9	121	80	83	-41	390	236	176	-60	-25
«Красная звезда»	37	11,3	12,6	-0,7	-6	85	98	61	13	209	180	204	24	13
Емельяновка	65	14,7	17,0	2,3	16	94	123	198	29	253	494	680	186	38
Им. XX съезда КПСС	37	11,3	9,9	-1,4	-12	82	70	53	-12	198	160	146	-14	-9
Им. Либкнехта	40	11,8	11,7	-0,1	-1	96	94	73	-2	263	210	234	24	11
Врачево-Горки	44	12,0	12,9	0,9	8	91	90	140	-1	236	370	491	121	33
Астапово	35	11,1	13,1	2,0	18	87	76	75	-11	216	214	211	-3	-1
«Красный Октябрь»	--	--	--	--	--	106	108	578	2	309	1230	1050	-180	-15
Руновский	78	15,9	16,0	0,1	0	143	166	109	23	518	294	288	-6	-2
Новоселки	108	18,4	20,8	2,4	13	164	164	102	1	650	279	295	16	6
Ледово	62	14,3	13,0	-1,3	-9	102	124	82	22	290	234	244	10	4
«Россия»	52	13,2	13,2	0,0	0	104	98	70	-6	302	204	207	3	1
Клемово	50	13,0	15,1	2,1	16	97	114	77	17	265	221	249	28	13

Таблица 2

Динамика производительности дополнительных затрат под разные культуры

Переменные затраты	Озимые		Яровые		Картофель		Овощи	
	Производительность дополнительных затрат							
	кг/руб	руб/руб	кг/руб	руб/руб	кг/руб	руб/руб	кг/руб	руб/руб
Минимальные	14	1,82	20	1,40	24	1,92	35	2,35
Средние	11	1,43	14	0,98	20	1,60	33	2,30
Максимальные	8	1,04	9	0,63	14	1,12	30	2,13

Примечание. Минимальные, средние и максимальные величины переменных затрат взяты из табл. 1.

Возьмем в качестве примера данные совхозов Московской области, в пашне которых преобладают почвы восьмой агропроизводственной группы, и рассчитаем уравнения регрессии, выражающие количественную связь между урожайностью некоторых культур и текущими производственными затратами (для корреляционного и регрессионного анализа берется только переменная часть затрат). В качестве формы связи возьмем наиболее простую, степенную функцию $y = ax^b$, где y — урожайность, x — затраты.

Получим: озимые — $2,201 x^{0,454}$, яровые — $1,664 x^{0,532}$, картофель — $3,850 x^{0,578}$, овощи — $0,735 x^{0,869}$.

В отношении степенных функций следует отметить, что они не могут отразить одновременно увеличивающийся или падающий дополнительный продукт (продукт, приходящийся на дополнительные затраты). Если показатель степени равен единице, они превращаются в линейные функции; при показателе степени больше единицы функция показывает увеличивающуюся производительность; если он меньше единицы — падающую производительность дополнительных затрат.

В нашем примере во всех уравнениях показатель степени меньше единицы, следовательно, с увеличением затрат каждый последующий рубль даст меньше урожая. В этом можно убедиться также на основе графического анализа.

Далее произведем следующий расчет. Данные фактических затрат в хозяйствах поставим в уравнения и определим нормативную урожайность, сравним полученный показатель урожайности с фактическим, установим абсолютные и относительные отклонения в ту или другую сторону (см. табл. 1, составленную по материалам 1966 г.).

Данные табл. 1 представляют достаточно четкую картину эффективного использования средств разными совхозами. Расчетная урожайность является нормативной базой, сопоставляя с которой можно судить об экономии или, наоборот, о перерасходе средств на любом уровне их затрат.

Установление динамичного соотношения между затратами и продукцией позволяет не только сопоставлять результативность производства при неодинаковости затрат на единицу площади сельскохозяйственных угодий, но также получить выводы об экономической целесообразности дополнительных затрат, обосновать выбор направления затрат по культурам, по различным агропроизводственным группам почв.

Основным показателем целесообразности дальнейших увеличений текущих производственных затрат на 1 га посева является дополнительный продукт, или первая производная аналитической функции (см. табл. 2).

Таким образом, при выращивании озимых на уровне переменных затрат 108 руб/га, яровых на уровне уже 53 руб/га с учетом современного соотношения закупочных цен на зерно дополнительный продукт только перекрывает единицу дополнительных затрат. На производстве картофеля и овощей при высокой производительности добавочных вложений (зависимость почти линейная) в пределах наблюдений даже самые высокие затраты на 1 га (650 и 770 руб. соответственно) хорошо окупаются. Отсюда нетрудно сделать вывод о высокой эффективности выращивания картофеля и овощей как по рентабельности, так и по величине чистого дохода на 1 га.

Регрессионный анализ позволяет делать обоснованные выводы об эффективности затрат не только в суммарном, денежном выражении, но и по элементам — в натурально-вещественных и денежных показателях.

Так, по восьмой агропроизводственной группе почв эффективность *дополнительного рубля* при среднем уровне для каждого элемента затрат составляет: по оплате труда — 3,90; по внесению органических удобрений — 0,85; минеральных — 2,50; по эксплуатационным расходам — 1,87 руб. на рубль. Таким образом, при данном наборе культур и соотношении их посевных площадей наиболее выгодны дополнительные затраты живого труда, минеральных удобрений. Следует заметить, что полученные данные по эффективности органических удобрений, возможно, очень приближенные, так как в хозяйствах все еще недостаточно точен учет затрат по производству и внесению этих видов удобрений. В разных хозяйствах вносятся неравноценные по качеству органические удобрения, что значительно ослабляет корреляцию между количеством внесения удобрений и изменением урожайности.

При удовлетворительной точности первичных данных с помощью анализа множественной регрессии можно делать обоснованные выводы об экономической эффективности отдельных элементов затрат и, следовательно, в нужном направлении изменять их структуру.

Возникает вопрос, как сравнивать эффективности затрат, если они производятся на разных почвах.

Для этого необходимо установить количественные соотношения между затратами и выходом продукции по группам почв. Для первой агропроизводственной группы, например, рассчитаны такие функции: озимые — $0,228 x^{0,893}$, яровые — $0,615 x^{0,624}$, картофель — $29,560 x^{0,233}$, овощи — $11,520 x^{0,408}$.

Если сравнивать параметры этих уравнений с данными по восьмой группе, они совершенно различны: по зерновым (особенно по озимым) на первой группе почв показатели степени выше, а по картофелю и овощам, наоборот, ниже.

Сравним урожайность, величины дополнительного продукта и себестоимость 1 ц зерна на этих двух группах почв (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность озимых, дополнительный продукт и себестоимость зерна на первой и восьмой агропроизводственных группах почв Московской области

Последовательность переменных затрат, руб/га	Первая группа			Восьмая группа		
	урожайность расчетная, ц	дополнительный продукт, кг	себестоимость, руб/ц	урожайность расчетная, ц	дополнительный продукт, кг	себестоимость, руб/ц
30	--	--	--	10,3	15,6	6,60
40	--	--	--	11,7	13,8	6,66
50	7,5	13,4	13,75	13,0	11,8	6,76
60	8,8	13,1	12,85	14,1	10,7	6,95
70	10,1	12,9	12,20	15,2	9,8	7,10
80	11,4	12,7	11,68	16,1	9,2	7,34
90	12,7	12,6	11,27	16,9	8,5	7,58
100	13,9	12,4	11,00	17,8	8,1	7,75
110	15,2	12,3	10,73	18,6	7,7	7,95
120	16,4	12,2	10,55	--	--	--
130	17,5	12,0	10,43	--	--	--
140	18,7	11,9	10,32	--	--	--

Как видно из табл. 3, эффективность затрат при возделывании озимых на этих почвах совершенно различна. На первой группе почв производительность дополнительных затрат почти неизменна, а на восьмой при увеличении переменных затрат с 30 до 110 руб. на 1 га величина первой производной уменьшилась вдвое.

Себестоимость единицы продукции складывается как равнодействующая из постоянно уменьшающихся с ростом урожайности постоянных и увеличивающихся в той или иной степени при падающей производительности частей переменных затрат. Как результат мы наблюдаем снижение себестоимости единицы продукции на первой группе почв и повышение ее на восьмой. Но так как естественное плодородие восьмой группы почв более высокое, первоначальные минимальные затраты для ведения производства здесь дали более высокий результат, чем на первой; на восьмой группе меньшими оказались и постоянные затраты (53 и 38 руб/га соответственно по группам); поэтому на более плодородных от природы почвах ниже себестоимость продукции. Следовательно, несмотря на уменьшение величины дополнительного продукта, дальнейшие вложения в земли восьмой группы более результативны, чем в земли первой.

Допустим, что такое соотношение между переменными затратами и урожайностью сохранится и при дальнейших вложениях. В этом случае выравнивание себестоимости произойдет при величине переменных затрат, равных 200 руб., и себестоимость будет равна 9,60 руб.

Такая экстраполяция может иметь малую вероятность, потому что дальнейшее наращивание вложений пойдет на основе изменения структуры затрат (увеличение внесения минеральных удобрений и эксплуатационных расходов). Новые соотношения «затраты — выпуск» должны быть описаны новыми аналитическими функциями.

Производственные функции типа «затраты — урожай» могут быть успешно применены не только для позитивного, но и для нормативного анализа с применением математического программирования. Но во всех случаях они должны быть построены на точных данных и быть «закрытыми», т. е. охватывать количественные вариации элементов затрат до максимума, когда первая производная функция равна нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Московской области. М., «Московский рабочий», 1967.

Поступила в редакцию
29 VII 1968