

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Федякина Т. Е., аспирант

Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины

Розроблено методичний підхід до прогнозування урожайності озимої пшениці. Прогноз врожайності визначається на основі математичної моделі, побудованої методом групового обліку аргументів та даних дистанційного зондування Землі на прикладі Синельниківського району Дніпропетровської області.

Methodical approach to the prognostication of the productivity of winter crops is developed. The prognostication of the productivity is determined on the base of the mathematical model, built by the method of Group Method of Data Handling and the data of the Earth's remote sounding on the example of Sinelkovsky district, Dnepropetrovsk region.

Постановка проблемы. Объем производства зерна оказывает существенное влияние на уровень жизни населения, способствует продовольственной безопасности страны. Среди многих показателей, характеризующих уровень производства зерновых культур, особого внимания заслуживает урожайность. От точности ее прогнозирования во многом зависит решение задач формирования резервных фондов продовольствия, наличия необходимых мощностей для хранения полученного урожая, формирование адекватной и эффективной политики внешней торговли.

Актуальность прогнозирования урожайности приобретает особую значимость в условиях значительной погодной и экономической нестабильности, а также важна при разработке управленческих решений по регулированию ситуации.

Урожайность характеризует продуктивность определенной культуры в конкретных условиях ее возделывания и является показателем весьма сложным с точки зрения прогнозирования, поскольку ее формирование связано не только с действием производственных факторов, но и с экономическими, погодными и природно-климатическими условиями.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблемой прогнозирования урожайности занимаются ученые всех стран с развитым сельским хозяйством. К наиболее известным системам сельскохозяйственного мониторинга можно отнести проект MARS [1].

Значительное место при решении задач прогнозирования урожайности занимает разработка таких подходов, которые бы позволяли получать оценки формализованными методами на основе объективной и оперативной информации, в том числе и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В разработку данного вопроса внесли существенный вклад такие ученые, как: Масюк Н. Т., Трахов Э. М., Кравчук В. И., Лысогоров С. Д., Васильев С. М., Свисюк И.В., Козачков А. М., Доспехов Б. А. и др.

В основе большинства моделей прогнозирования лежит временной ряд урожайности прогнозируемых культур, который характеризует особенности применения технологии выращивания, специализацию хозяйства и ад-

министративно-территориальные особенности региона. Однако существующие в настоящее время методы прогнозирования не обеспечивают необходимую заблаговременность и достоверность прогнозов. Это во многом обусловлено ограниченным количеством факторов, учитываемых при прогнозировании, большой периодичностью получения информации, строгой привязкой к району [2-5]. Модель, описанная в [1], учитывает до 30 факторов и параметров и предполагает высокую достоверность прогноза, но ее использование на практике требует адаптации к условиям основных грунтово-климатических зон Украины, а получение всей необходимой для прогнозирования информации является весьма проблематичным.

Поэтому задача разработки относительно универсальной для регионов Украины модели зависимости урожайности от совокупности факторов, наиболее сильно влияющих на ее формирование, является актуальной.

Постановка задачи. Целью работы является разработка методического подхода к прогнозированию урожайности озимой пшеницы на основе использования информационных возможностей спутниковых систем ДЗЗ на примере Синельникого района Днепропетровской области. Выбор района и культуры прогнозирования обусловлен наличием достаточно объемного банка статистических данных о продуктивности агроэкосистемы района, его почвенно-климатических ресурсах, объемах внесения удобрений, используемых в нем агротехнологиях [6].

Достижение поставленной цели предполагает:

- выбор наиболее предпочтительного метода исследования;
- разработку модели зависимости урожайности озимой пшеницы от выбранных факторов.

Изложение основного материала исследования. Особое место в технологии прогноза урожайности должны занимать прогнозы, позволяющие давать заблаговременную оценку ожидаемой продуктивности посевов по периодам вегетации.

Для построения прогнозных регрессионных моделей в настоящее время широко используются методы всех возможных регрессий, методы включения и исключения, шаговые методы и др. Метод проверки всех возможных регрессий дает очень хорошие результаты, но он и труднее всего в вычислительном отношении, особенно при большом числе возможных переменных.

Ранее считалось, что точность модели можно повысить исключительно за счет большего количества факторов и их композиций [1]. Однако в тех случаях, когда объем выборки и количество учитываемых параметров не соизмеримы [6], с целью выявления неявных причинно-следственных связей и закономерностей, скрытых в ретроспективных данных, целесообразно воспользоваться индуктивным методом самоорганизации сложных систем – методом группового учета аргументов (МГУА) [7, 8].

Суть этого метода состоит в нахождении лучшей модели путем перебора постепенно улучшающихся вариантов модели. Индуктивные алгоритмы МГУА дают уникальную возможность автоматически находить взаимозави-

симости в данных, выбрать оптимальную структуру модели и увеличить точность существующих алгоритмов. При помощи перебора различных решений в индуктивном моделировании минимизируется роль «человеческого фактора» в процессе моделирования. Основным преимуществом данного метода является возможность отбора основных по влиянию факторов.

В основе МГУА лежит принцип внешнего дополнения внешнего критерия качества моделей. Известно, что при усложнении модели, с помощью которой описывается урожайность, внешний критерий уменьшается, а затем увеличивается. Процесс усложнения модели заканчивается при достижении минимального значения внешнего критерия.

Применение данного метода дает также возможность рассматривать отклонения от среднего значения урожая, обусловленные отклонениями значений влияющих на него факторов (метеоусловия, количество внесенных удобрений, используемые агротехнологии и т. п.) от средних значений в рассматриваемом регионе за рассматриваемый промежуток времени.

Урожай сельскохозяйственных культур регулируется действием множества различных факторов, которые и определяют вариабельность урожайности. В идеальном случае их все нужно учитывать при прогнозировании [10]. Однако в реально складывающихся условиях это весьма проблематично из-за ограниченного объема информации [9].

В качестве независимых факторов по результатам анализа современных положений агрономической науки, располагаемой информации о производственной деятельности в сельскохозяйственной отрасли Украины, информационных возможностей спутниковых систем ДЗЗ были выбраны:

T_{9-10} – средняя температура воздуха в сентябре-октябре, °С; T_{3-4} – средняя температура воздуха в марте-апреле, °С; T_{5-8} – средняя температура воздуха в мае-августе, °С; O_{9-10} – сумма осадков в сентябре, октябре, мм; O_{3-4} – сумма осадков в марте, апреле, мм; O_{5-8} – сумма осадков в мае-августе, мм; O_{11-2} – сумма осадков в ноябре-феврале, мм; V_m – количество минеральных удобрений на 1 га, кг; V_o – количество органических удобрений на 1 га, тонны; $O_{3,4}V_o$ – осадки в марте, апреле и количество внесенных органических удобрений; $O_{9,10}V_o$ – осадки в сентябре, октябре и количество внесенных органических удобрений; $O_{5-8}V_o$ – осадки в мае-августе и количество внесенных органических удобрений; $O_{9,10}V_m$ – осадки в сентябре-октябре и количество внесенных минеральных удобрений; $O_{3,4}V_m$ – осадки в марте-апреле и количество внесенных минеральных удобрений; $O_{5-8}V_m$ – осадки в мае-августе и количество внесенных минеральных удобрений.

На основании анализа имеющейся информации о значимости влияния валового запаса гумуса в почве на урожайность, в рамках разрабатываемой модели целесообразно учитывать также введение прибавки к урожаю (ε), пропорциональное изменению потенциального плодородия почвы. Для районированных данных о запасах гумуса выражение для указанной прибавки имеет вид:

$$\varepsilon = 0.0001H + 0.0005, \quad (1)$$

где H - содержание гумуса, т/га.

Таблица 1

Данные по урожайности озимой пшеницы в Синельниковском районе за период 1970-1993 г.г.

№ набл.	У (у)	T ₉₋₁₀	T ₃₋₄	T ₅₋₈	O ₉₋₁₀	O ₃₋₄	O ₅₋₈	O ₁₁₋₂	У _м	У _о	O ₃₋₄ У _м	O ₅₋₈ У _м	O ₉₋₁₀ У _м	O ₃₋₄ У _о	O ₉₋₁₀ У _о	O ₅₋₈ У _о
1	23,5	10,3	13,8	16,4	69,5	49,8	179,9	221,4	66	4	3286,8	11873,4	4578	199,2	278	719,6
2	29,5	5,4	13,5	18,5	98,1	40,8	218,8	122,5	70	4,3	2856	15316	6867	175,44	421,83	940,84
3	17,4	11,4	6,2	20,2	46,2	69,6	299,9	92	76	4,6	5289,6	22792,4	3511,2	320,16	212,52	1379,5
4	31,7	11,4	6,1	16,8	136,5	71,5	310,7	160,2	80	4,9	5720	24856	10920	350,35	668,85	1522,4
5	33,4	9,9	4,1	16,3	89,6	53,2	224,4	118	86	5,2	4575,2	19298,4	7705,6	276,64	465,92	1166,9
6	16,9	7,8	8,1	20,6	39,7	54	132	99,9	90	5,5	4860	11880	3573	297	218,35	736
7	32,3	12,4	4,6	15,8	68,1	75,3	385,1	160,3	95	5,8	7153,5	36584,5	6469,5	436,74	394,98	2233,6
8	28,3	8,8	6,6	16,9	89,4	57,7	401,5	145,6	99	6,1	5712,3	39748,5	8850,6	351,97	545,34	2449,2
9	36,9	9,3	6,2	16,2	52,3	96,6	437,1	173,4	105	6,4	10143	45895,5	5491,5	618,24	334,72	2797,4
10	18,2	11,1	5,3	19,5	101,8	116,4	184,7	190,5	109	6,7	12687,6	20132,3	11096,2	779,88	682,06	1237,5
11	30	10,6	2,2	16,8	52,7	78,5	291,9	176,7	114	7	8949	33276,6	6007,8	549,5	368,9	2043,3
12	24,6	11,1	3,4	19,3	92,5	59	251,2	232,9	121	7,3	7139	3039,2	11192,5	430,7	675,25	1833,8
13	29,3	12,9	4,5	17,5	70,1	52	87,6	165,8	130	7,6	6760	11388	9113	395,2	532,76	665,76
14	22,7	12,2	7	17,7	115,2	34	154,8	96,8	139	7,9	4726	21517,2	16012,8	268,6	910,08	1222,9
15	25,3	12,5	5,4	18,1	30,3	57,2	235,1	109,1	144	8,2	8236,8	33854,4	4363,2	469,04	248,46	1927,8
16	16,9	12,8	2,8	17,7	43	25,9	355,7	169,4	156	8,6	4040,4	55489,2	6708	222,74	369,8	3059
17	23,9	9,5	6,8	18,7	67,7	45,5	125,7	191,5	158	9,1	7189	19860,6	10696,6	414,05	616,07	1143,9
18	38	11,6	-2,5	18	76,7	81,4	195,1	128,5	160	8,5	13024	31126	12272	691,9	651,95	1658,4
19	40	10,5	5,6	18,1	20,8	118,4	121,7	90,1	158	8,5	18707,2	19228,6	3286,4	1006,4	176,8	1034
20	40,5	11	10,2	18,2	22	48	242,1	113,2	142	8,7	6816	34378,2	3124	417,6	191,4	2106,3
21	49,5	12,2	7,9	17	121,1	43,4	192,1	120,3	142	8	6162,8	37278,2	17196,2	347,2	968,8	1536,8
22	33,7	11	5	18,5	84,2	25,5	276	120,5	132	7	3366	36432	11114,4	178,5	589,4	1932
23	32,9	13,5	5,6	17,8	99	70,1	230,8	112,3	100	6	7010	23080	9900	420,6	594	1384,8
24	40,5	10,6	4,2	16,9	46,3	83,7	284,3	136,6	66	6,4	5524,2	18763,8	3055,8	53,68	9296,32	1819,5

Исходные данные, используемые в расчетах, приведены в табл.1-3 [6, 11].

Таблица 2

**Внесение минеральных удобрений на 1 га пашни
(в пересчете на действующее вещество), кг**

Показатель	1970	1980	1985	1988	1989	1991	1994
Количество удобрений, кг/га	65,1	112,3	153,4	157,9	144,1	132	34
Количество удобрений, превышающих принятые нормы, необходимые на вос-полнение вынесенных предыдущей культурой, кг/га	-28	19,3	64,9	69,8	55	41,9	-63,4

Поскольку при разработке регрессионных моделей данные о независимых переменных обычно имеют различный физический смысл и размерности, это вызывает вычислительные неудобства. Для уменьшения этого эффекта часто переменные центрируют и стандартизируют, что позволяет получить также и представление о наличии или отсутствии линейных связей между парами переменных [12].

Таблица 3

Запасы гумуса в Синельниковском районе Днепропетровской области

Генетические группы черноземов	Районы	Запасы гумуса (средние), т/га	Потенциальное плодородие, %	Ср. урожайность озимой пшеницы по районам, ц/га
Чернозем обыкновенный малогумусный среднеспособный	Васильковский Синельниковский Криничанский Межевской	264	62	28,9

В результате проведения анализа статистических данных с помощью МГУА на четвертом этапе перебора нами была получена следующая модель:

$$y = 0.623 * O_{5-8} * O_{9-10} * Y_m^2 * [1 + 1.264 * T_{3-4} * (O_{9-10} - 0.865)] - 0.547 * T_{5-8}. \quad (2)$$

Полученная модель достаточно надежна. Коэффициент множественной корреляции, характеризующий качество модели, получился равным $R = 0.94$, а коэффициент детерминации равен $R^2 = 0.881$, что является удовлетворительной оценкой качества модели. Модель является статистически значимой, поскольку проверка гипотезы о равенстве нулю всех коэффициентов модели по критерию Фишера показала, что $F = 35.17 > F_{табл}$ ($F_{табл} = 2,9$) при выбранном уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Модель (2) была использована для прогнозирования урожайности озимой пшеницы в одном из районов «пшеничной зоны» [6] Днепропетровской области.

В процессе прогнозирования необходимо учитывать, что для наступивших к моменту расчета периодов вегетации используются фактические метеопоказатели, а для более поздних – среднемноголетние показатели.

Погрешность при прогнозировании с помощью полученной модели может иметь следующие причины:

- выход факторов формирования урожая за пределы диапазона факторов выборки, на которой строилась модель;
- влияние факторов, не учитываемых в данной модели.

В результате прогнозирования урожайности озимой пшеницы в Васильковском районе Днепропетровской области с использованием модели (2) коэффициент множественной корреляции получился $R = 0.84$, а коэффициент детерминации $R^2 = 0.79$. Полученные результаты являются удовлетворительной оценкой качества работы модели.

Данная модель может использоваться при решении задач прогнозирования урожайности зерновых культур на различных фазах вегетации и в районах Украины, близких по климатическим и почвенным условиям к рассматриваемому региону.

Полученный с помощью модели прогноз целесообразно подвергать корректировке, если для условий вегетации текущего года оказались весьма существенными факторы, не включенные в модель, а также в зависимости от собранной статистики, научных исследований в области дистанционного зондирования Земли.

Выводы. Достоинством разработанного подхода к прогнозированию урожайности озимой пшеницы является то, что она, с одной стороны, содержит небольшое количество факторов формирования урожая, а с другой стороны, создает основу для установления и оптимизации объемов внесения минеральных и органических удобрений, согласованных с характером и скоростью протекания онтогенеза растений в условиях постоянно меняющейся метеорологической обстановки.

Применение данного подхода к прогнозированию урожайности может стать инструментом для выбора наилучшего пути развития агроэкосистемы, изменяя нежелательные тенденции, что приведет к росту производительности, снижению себестоимости продукции и повышению эффективности хозяйствования.

Литература.

1. Кравчук В. Моніторинг посту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект «МАРС» / В. Кравчук, О.Ковтуненко // Техніка і технологія АПК. – 2009. - №1(вересень).
2. Лысогоров С. Д. Опыт прогнозирования урожайности / С. Д. Лысогоров, В. Сухоруков // Земледелие. – 1973. – 10. – С. 70-71.
3. Свисюк И. В. Погода, интенсивная технология и урожайность озимой пшеницы / И. В. Свисюк –Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 226 с.
4. Козачков А. М. Урожайность озимой пшеницы по различным парам / А. М. Козачков // Зерновое хозяйство. – 2002. - №2. – С.17-18.

5. Трахов Э. М. Прогнозирование урожайности озимой пшеницы с использованием материалов аэрофотосъемки / Э. М. Трахов, Г. С. Булгаков, С. С.Исаулова и др. // Исследования Земли из космоса. – 1992. - №5. – С. 102 - 106.
6. Лазаренко П. И. Эколого-биологические основы сельскохозяйственного районирования территорий / П. И. Лазаренко. – Днепропетровск: Пороги, 1995. – 476 с.
7. Ивахненко А. Г. Помехоустойчивость моделирования / А. Г. Ивахненко, В. С. Степашко – Киев : Наукова думка, 1985. – 216 с.
8. Сарычев А. П. Идентификация состояний структурно-неопределенных систем / А. П. Сарычев – Днепропетровск : НАН Украины и НКА Украины, Ин-т технической механики, 2008. – 268 с.
9. Федякина Т. Е. Факторы формирования урожая сельскохозяйственных культур при космическом зондировании Земли / Т. Е. Федякина // Агросвіт. – 2011. - №8. – С. 38-44.
10. Каюмов М. К. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур / М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 318 с.
11. Макаренко П. Н. Аграрный сектор в мировой и национальной экономике Украины / П. Н. Макаренко, П. И. Лазаренко, И. Г. Кириленко, Ю. А. Леонтьев; Под ред. П. Н. Макаренко. – Днепропетровск: Пороги, 1995; Україна у цифрах, 1996 р. – Київ: Наукова думка. 1997.
12. Афифи А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, Э. Эйзен; пер. с англ.. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

УДК 331. 101. 262: 316. 6

СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ

***Балановська Т.І., к.е.н, доцент, Гоголя О.П. к.е.н, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України***

В статті розкрито важливість використання соціально-психологічних методів управління у діяльності підприємств, відображено їх вплив на розвиток людських ресурсів.

In the article achieved the importance of social and psychological management methods in enterprise activity, as well as its effect to human resource development.

Постановка проблеми. Успішна професійна діяльність сучасного фахівця залежить не лише від накопичених ним знань, умінь і навичок, але й від особистісних якостей і здібностей, гнучкості й оригінальності мислення, вміння формувати ефективні стратегії вирішення техніко-економічних і соціальних завдань. Тому нині в якості актуального наукового і практичного завдання виникає необхідність дослідження і впровадження нових підходів до розвитку людського потенціалу, в тому числі, навчально-виховної роботи на засадах загальнолюдських цінностей, що в подальшому проявиться в показниках результативності використання людських ресурсів та продуктивності їх праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В економічній літературі питанню використання традиційних методів управління присвячено багато наукових праць і публікацій вітчизняних та зарубіжних вчених, зокрема Гудзинського О.Д., Іванової-Швед Л.Н., Завадського Й.С., Корсакової А.А., Ко-