

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

А. А. МОЗОЛЬ

МЕТОДИКА СРЕДНЕСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОНЬЮНКТУРЫ

Разработана и апробирована методика среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства Республики Беларусь в условиях неустойчивой экономической конъюнктуры. Сделан прогноз уровня урожайности сельскохозяйственной продукции в зависимости от погодных-климатических условий. Определены оптимальные площади посевов основных сельскохозяйственных культур, обеспечивающие как удовлетворение внутреннего спроса на продукцию, так и получение максимальной прибыли от реализации продукции на экспорт. Решена проблема формирования кормовой базы животноводства, основывающейся на кормовых культурах.

Ключевые слова: методика среднесрочного прогнозирования; оптимизация посевов; импортозамещение; экспортно ориентированная продукция.

УДК 330.46 : 338.27

Оценка перспективного развития агропромышленного комплекса (АПК) является одним из важнейших направлений в деятельности различных государственных органов и служб, ответственных за составление стратегических планов. Качество планирования во многом зависит от эффективности использования методов прогнозирования. Задача увеличения объемов производства стоит практически перед каждым субъектом хозяйствования Республики Беларусь и всегда является актуальной.

Существующие в настоящее время в научной литературе подходы к данной проблеме не всегда могут быть применены на практике в условиях неопределенности. Для Республики Беларусь также следует учитывать особенности хозяйствования предприятий. В этой связи возникает необходимость совершенствования подходов к прогнозированию основных показателей. Для своевременного реагирования на изменения, неблагоприятные условия, шоки рынка и другие ситуации необходима разработка стратегий для действий в каждой ситуации, а для этого требуется адекватный прогноз, учитывающий потребности каждой отрасли и политику государства в области производства агропромышленной продукции.

Алеся Александровна МОЗОЛЬ (a.mozol@aol.com), аспирантка кафедры математических методов в экономике Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

Цель статьи заключается в разработке и инструментальной реализации комплекса экономико-математических моделей среднесрочного прогнозирования производства продукции агропромышленного комплекса Республики Беларусь на макроуровне в условиях неопределенности.

Для реализации поставленной цели автором предлагается методика прогнозирования агропромышленного производства, в основе которой лежат модели и подходы, взаимосвязанные между собой. Схема использования модельного комплекса представлена на рис. 1.

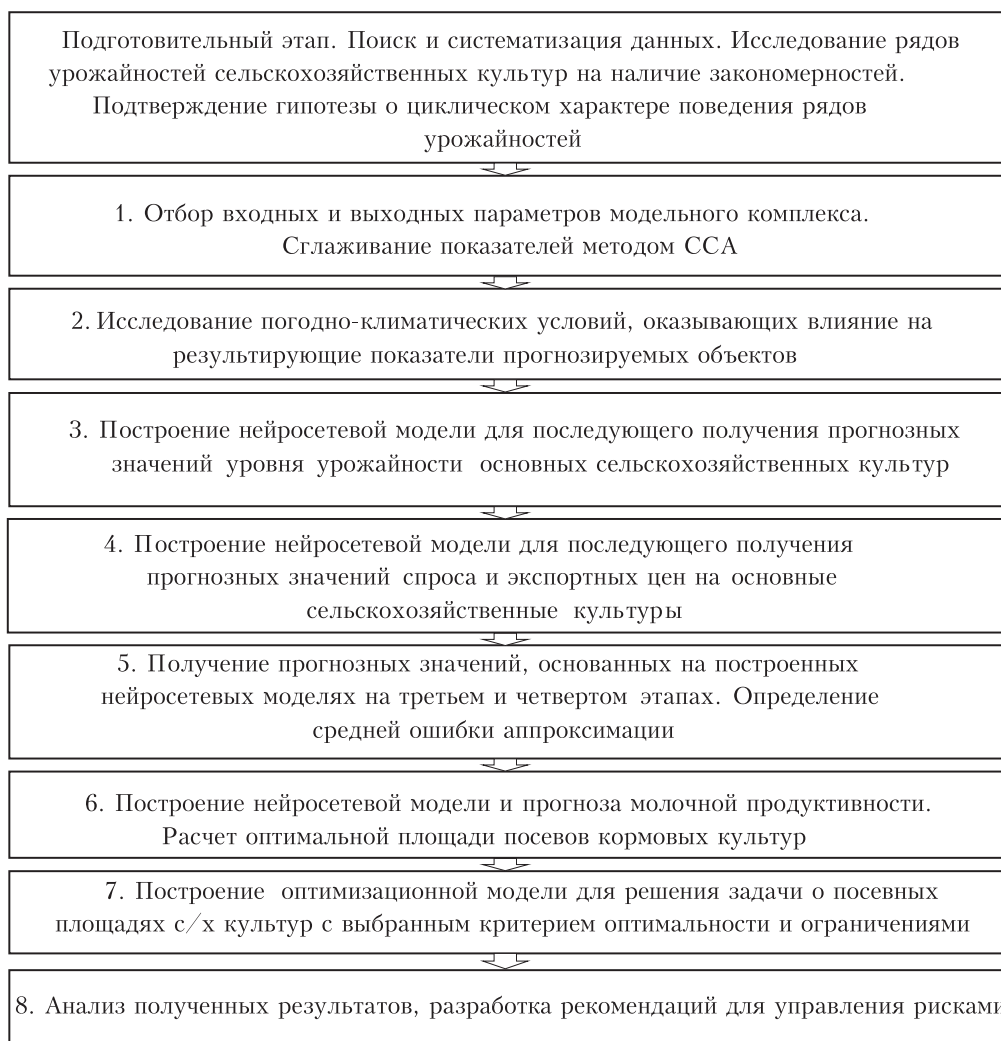


Рис. 1. Схема использования методики среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства на макроуровне в условиях неопределенности

В основу методики прогнозирования легла взаимосвязка двух комплексов моделей: нейросетевой и оптимизационной. Далее представим алгоритм действий для получения требуемых прогнозных значений.

Подготовительный этап предполагает поиск и систематизацию данных для использования в модельном комплексе, исследование рядов урожайности; проверку периодов развития процессов формирования урожайности сельскохозяйственных культур на наличие информации об определенных закономерностях, которые в научной литературе принято относить к так называемой долговременной памяти [1]. Кроме того, на данном этапе осуществляется подтверждение гипотезы о циклическом характере поведения урожайности [2; 3].

Первый этап включает в себя отбор входных и выходных параметров модельного комплекса: анализ входных данных. Избавиться от возмущений, аномальных значений, а также снизить ошибку прогноза позволит сглаживание показателей методом сингулярного спектрального анализа.

Второй этап посвящен исследованию погодно-климатических условий. Это проведение экономико-математического анализа цикличности сельскохозяйственного производства с применением выравнивания динамических рядов; апробирование методики определения цикличности на примере сельскохозяйственных культур; поиск взаимосвязи погодно-климатических условий с уровнем урожайности сельскохозяйственных культур. Полученные результаты послужат основанием для последующих этапов реализации модельного комплекса и наиболее точного прогноза урожайности последующих лет, что обеспечит экономичный и эффективный способ снижения экономического риска в растениеводстве и во всех отраслях агропромышленного комплекса в целом.

Третий этап предполагает построение нейросетевой модели для последующего получения прогнозных значений уровня урожайности основных сельскохозяйственных культур, на основе ранее отобранных данных.

На *четвертом этапе*, аналогично третьему, строится нейросетевая модель определения объема спроса и уровня экспортных цен на основные позиции продукции растениеводства.

Пятый этап представляет собой получение прогнозных значений, основанных на построенных нейросетевых моделях на третьем и четвертом этапах. Также на данном этапе для оценки адекватности модели прогнозирования определяется средняя ошибка аппроксимации. Полученные прогнозные значения уровня урожайности и объема спроса на сельскохозяйственную продукцию потребуются для дальнейших расчетов оптимального распределения посевов.

На *шестом этапе* на основе ранее полученных результатов строится нейросетевая модель для последующего прогнозирования удоев молока, тем самым определяя продуктивность данного сегмента при оптимизации полученных результатов на предыдущих этапах. Производится расчет оптимальной площади посевов под кормовые культуры, обеспечивающие спрогнозированный уровень молочной продуктивности.

Седьмой этап предполагает решение оптимизационной задачи для распределения площадей посевов. При построении данной модели как входные данные имеются уже спрогнозированные значения уровня урожайности и объема спроса на основные сельскохозяйственные культуры, а также показатели молочной продуктивности. Расчет такого распределения позволит снизить затраты на содержание каждого гектара посевных площадей. Варьируя объемы производства продукции в урожайные/неурожайные годы, можно избежать профицитов/дефицитов предложения отдельных культур. Соответственно и уменьшить импорт, при этом увеличив экспорт.

Восьмой этап представляет собой анализ полученных результатов, а также описание рекомендаций по подготовке к каждому новому «сезону» производства и принятию управленческих решений в области предотвращения рисков и обеспечения устойчивого развития производства.

Достоинством приведенного выше алгоритма выступает взаимосвязь различных моделей между собой, в частности нейросетевой и оптимизационной. Стоит отметить, что нейронные сети проявляют отличные характеристики при прогнозировании с минимальными ошибками [4]. Соответственно с их помощью можно получить достаточно точную информацию об основополагающих показателях, определяющих дальнейшее безубыточное развитие агропромышленного комплекса, либо использовать эту информацию для минимизации возможных убытков. На рис. 2 представлена блок-схема реализации модельного комплекса.

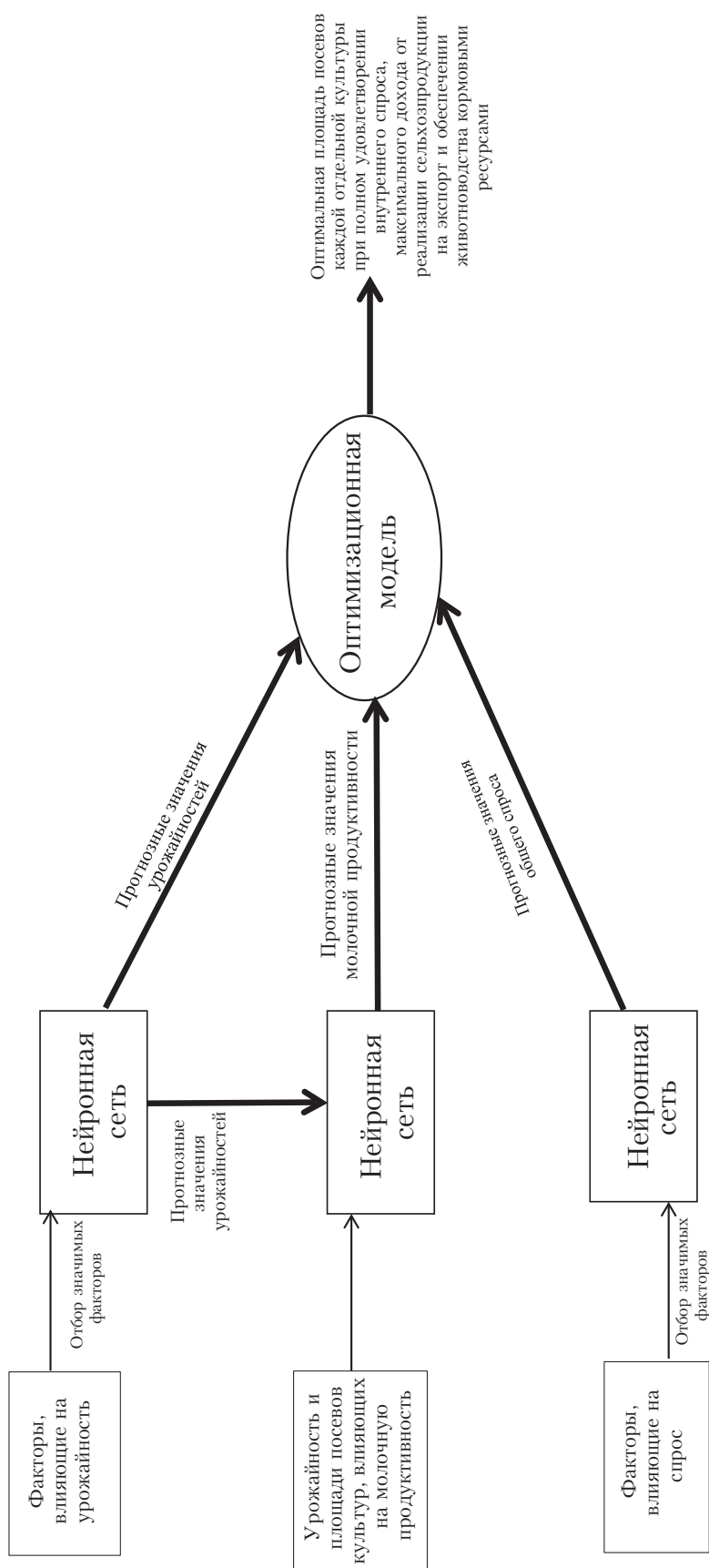


Рис. 2. Основные этапы прогнозирования и повышения показателей эффективности агропромышленного производства на макроуровне в условиях неопределенности

Все описанные выше действия позволят получить максимум информации для выявления на ранней стадии влияния дестабилизирующих факторов и снизить риски при производстве агропромышленной продукции.

Использование данной методики предопределяет решение трех задач в комплексе:

- 1) полное удовлетворение внутреннего спроса продукцией агропромышленного производства;
- 2) формирование кормовой базы животноводства, основывающейся на кормовых культурах;
- 3) максимизация дохода от реализации сельскохозяйственной продукции на экспорт.

В качестве конкретных объектов для исследования в настоящей работе рассмотрены временные ряды урожайностей основных сельскохозяйственных культур: зерновые и зернобобовые культуры, картофель, овощи, лен, сахарная свекла, рапс. Для изучения нейронной сети требуется достаточно длинный временной ряд. Для проведения настоящего исследования был произведен углубленный поиск информации и данных. Информационную базу исследования составили данные Национального статистического комитета Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Национального банка, Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, отчетные данные других государственных органов.

Исследование и методика прогнозирования временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур с использованием нейронных сетей на основании данных об изменении погодно-климатических факторов описаны в работе [5]. Результаты прогнозирования временных рядов с использованием нейронных сетей представлены в табл. 1. При этом ошибки прогноза к каждой из моделей следующие: картофель — 3,514 %, овощи — 3,497 %, лен — 3,798 %, сахарная свекла — 3,587 %, рапс — 7,063 %, плоды и ягоды — 4,792 %. Ошибка прогноза по показателю рапс обусловлена малым количеством наблюдений, так как рапс появился в севооборотах сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь в начале 1990-х гг.

Таблица 1. Прогнозные значения уровня урожайности основных сельскохозяйственных культур Республики Беларусь на 2021—2030 гг., ц/га

Год	Зерновые и зернобобовые культуры	Картофель	Овощи	Рапс	Лен	Свекла сахарная
2021	34,9753	239,351	269,9154	20,9005	9,8967	478,2
2022	33,9214	222,9913	271,5899	14,5249	10,9431	405,4
2023	37,2941	227,2111	279,9112	18,8218	10,6348	471,4
2024	33,4376	235,8569	283,6982	19,9788	9,0051	507,9
2025	29,8514	218,2438	291,1894	13,2157	8,8418	497,7
2026	34,7561	227,8967	273,5597	15,0765	10,7051	529,5
2027	37,0088	230,2221	247,8647	15,384	11,0011	501,4
2028	33,9973	209,4781	261,2887	16,9024	9,2784	461,8
2029	38,3333	229,0024	269,4414	14,2714	8,9975	419,6
2030	34,8319	243,1108	281,0505	18,3131	9,5794	433,3

Примечание: наша разработка на основе [6—9].

Обладая данными об уровнях урожайности сельскохозяйственных культур, становится возможным управлять рисковыми ситуациями, возникающими

ми в процессе агропромышленного производства. Опираясь на прогнозные показатели, можно регулировать возможный дефицит или же профицит сборов сельскохозяйственных культур. Кроме того, данные об уровне урожайности в зависимости от погодно-климатических условий позволяют снизить затраты на содержание и обработку сельскохозяйственных культур. Например, если ожидается высокая урожайность картофеля в предстоящем году, то не стоит вносить дополнительные удобрения сверх имеющейся нормы, организовывать дополнительный полив почвы, задействуя при этом человеческий труд, который в свою очередь повлечет за собой увеличение себестоимости продукции. Это будет сопровождаться снижением конкурентоспособности картофеля на рынке, что приведет к потерям прибыли.

Именно для недопущения дефицитов и профицитов сельскохозяйственных культур в данном исследовании был выбран один из путей управления рисковыми ситуациями, им стало варьирование посевных площадей под каждую культуру в зависимости от прогнозных значений урожайностей, определенных на будущие периоды.

Аналогично построению прогноза уровня урожайности сельскохозяйственных культур на основе нейронных сетей нами был получен прогноз уровня молочной продуктивности. Программой для построения нейросетевых моделей в данном исследовании выступила STATISTICA Neural Networks.

Ошибка прогноза уровня молочной продуктивности составляет всего 2,9 %. Теперь построим прогноз на будущие периоды. Результаты построения прогноза представлены на рис. 3.

Case name	Milk Productivity (Output) MLP 1-9-1
2021	5347,4804
2022	5528,8081
2023	5691,3187
2024	5620,7516
2025	5201,5687
2026	5499,2181
2027	5623,4540
2028	5730,0205
2029	5602,9243
2030	5710,3333

Рис. 3. Прогнозные значения молочной продуктивности коров в Республике Беларусь на 2021–2030 гг., кг

Данный прогноз позволит предугадывать волатильность тренда продуктивности в молочном скотоводстве республики и своевременно принимать меры по недопущению снижения удоев. Для повышения данных показателей в урожайные годы целесообразно создавать страховые запасы кормов, а в неурожайные годы — предусмотреть возможность внутренних и внешних кормовых интервенций с целью снижения затрат на дефицитную продукцию. В более благоприятные годы следует уделить больше внимания качественным параметрам, одновременно нацеливаясь на обеспечение роста показателей продуктивности [10].

Согласно предложенной методике следующим шагом является исследование объема спроса. Получение данных об объеме спроса на сельскохозяйственную продукцию становится одним из ключевых вопросов в планировании потребности в различных культурах на предстоящий посевной год. Для этого требуется проведение маркетинговых исследований на рынках сельхозпродукции стран, в которые экспортируются продукты растениеводства из Беларуси. Не всегда такие данные можно найти в общем доступе, поэтому также стоит вопрос о прогнозировании общего спроса на отдельные виды культур

на ближайшие годы для оптимального планирования производства. Однако управлять спросом в данной ситуации не представляется возможным из-за ряда факторов: нет данных об объеме производства такого же рода продукции в странах экспорта, цены на эту продукцию и т. д.

Далее следует интерпретировать модель оптимизации площади посевов. В общем виде она будет выглядеть следующим образом:

$$F = \sum_{i=1}^n \alpha_i (x_i Y_i - S_i) \rightarrow (\max)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i Y_i \geq S_i; \\ x_j Y_j \leq M_j \\ \sum_{i=1}^n x_i \leq A; \\ x_i \geq 0, i = \overline{1, n}; \\ j \in I, \end{array} \right.$$

где F — функция максимума дохода от реализации сельскохозяйственной продукции на экспорт; n — число сельскохозяйственных культур, определенных для посева в данном году; α_i — экспортная цена на каждую из сельскохозяйственных культур, тыс. дол. США/т; x_i — размер посевных угодий, определенный под i -ю культуру, тыс. га; Y_i — прогнозный показатель урожайности i -й культуры в исследуемом периоде, т/га; S_i — прогнозный показатель общего спроса внутри страны на i -ю культуру в исследуемом периоде, т; M_j — мощность переработки предприятиями сельскохозяйственной продукции, т; A — общая площадь земельных участков, выделенных под посевы основных сельскохозяйственных культур в рассматриваемом периоде за минусом площади посевов под кормовые культуры, тыс. га; I — множество культур, на которые накладываются экономические ограничения.

Согласно представленной на рис. 1 методике автором были произведены расчеты, результаты которых приведены в табл. 2.

Таблица 2. Прогнозные значения площадей посевов сельскохозяйственных культур на территории Республики Беларусь на 2021—2030 гг.

Год	Площадь посевов, тыс.га							Экспорт, млн дол. США
	Зерновые и зернобобовые культуры	Картофель	Овощи	Рапс	Лен	Свекла сахарная	Кормовые культуры	
2021	2 573,92	338,95	101,23	297,71	32,23	81,69	2 473,27	514,86
2022	2 705,86	362,74	90,56	272,21	23,58	81,04	2 342,00	408,73
2023	2 685,48	357,24	90,51	217,94	46,74	85,09	2 501,00	354,43
2024	2 500,76	301,00	190,74	201,52	20,80	68,16	2 456,02	1 173,73
2025	2 891,39	324,40	63,65	279,95	26,09	82,54	2 308,00	511,20
2026	2 494,21	254,79	166,12	470,23	29,93	90,37	2 357,34	1 363,53
2027	2 146,33	293,39	180,63	300,38	25,96	79,27	2 847,04	895,26
2028	2 472,08	402,04	144,75	238,57	11,80	83,38	2 498,39	1 201,99
2029	2 413,94	247,32	89,34	274,94	23,15	98,31	2 745,00	397,43
2030	2 347,82	229,59	146,36	390,42	21,88	104,66	2 571,27	997,39

Имея данные о площади посевов сельскохозяйственных культур, возможно определить суммы экспорта продукции при прогнозных ценах на каждую из позиций. Преимуществом данной методики становится тот факт, что внутренний спрос на продукцию сельского хозяйства удовлетворяется в полной мере, за исключением случаев «вынужденного» импорта, в то время как на экспорт идет востребованная в каждый конкретный год продукция.

Расчет площади посевов проводился для Республики Беларусь в целом. Стоит отметить, что данная методика подходит также для прогнозирования производства в отдельных хозяйствах.

В зоне рискованного земледелия, к которой относится территория Беларуси, межгодовые колебания в производстве сельскохозяйственной продукции достигают значительных размеров. Точный прогноз объемов производства и уровня урожайности следующего года должен представлять собой наиболее эффективный способ снижения экономического риска всего агропромышленного комплекса.

Рекомендации по повышению эффективности использования ресурсного потенциала Республики Беларусь на основе результатов прогнозирования следующие:

варьирование различных сортов культур по районам регионов с учетом ожидаемых в следующем году климатических условий, т. е. использование в неблагоприятном году наиболее устойчивых неприхотливых сортов и видов культур;

использование так называемой асинхронности урожаев посредством расширения посевов культур, для которых климатический прогноз благоприятный, и уменьшения площади посева культур с неблагоприятным прогнозом урожая;

варьирование нормы внесения удобрений под различные культуры для разных агроклиматических ситуаций (благоприятная, средняя, неблагоприятная) и с учетом экономической эффективности, вытекающей из соотношения затраты-доходы и ожидаемых цен на рынке;

взаимоувязывание выноса питательных веществ почвы с колебаниями метеопроцессов (перед неблагоприятным годом целесообразно расширять площадь под парами или под бобовыми, которые характеризуются пониженным выносом питательных веществ);

варьирование различных технологий обработки почвы в зависимости от прогноза относительно климатических условий следующего года (в засушливый год следует использовать щадящие технологии, сохраняющие влагу в почве, а в благоприятный год использовать активные технологии, позволяющие получать максимальный урожай);

планирование форвардных и фьючерсных операций, межгосударственного сотрудничества, заключения торговых соглашений с учетом прогноза урожайности и ожидаемой конъюнктуры внутреннего и мирового рынков;

определение размеров государственных резервов продовольствия по критерию минимизации затрат на их создание и хранение.

Таким образом, предложенная методика оценки эффективности и прогнозирования агропромышленного комплекса Республики Беларусь была опробована и подтверждена практическими расчетами, показав при этом отличные результаты с минимальными ошибками. Использование нейросетевых моделей в определении параметров развития аграрных организаций, которым присущ высокий уровень рискогенности, позволяет получать весьма точные прогнозы с минимальными ошибками, что обусловлено особенностью работы

нейронных сетей по принципу схожести с работой биологических нейронов. Данная особенность способствует более интенсивному внедрению элементов искусственного интеллекта в управление производственно-хозяйственной деятельностью аграрных организаций. Полученные результаты прогнозирования урожайностей в зависимости от погодно-климатических условий, площадей посевов сельскохозяйственных культур позволят не только избегать дефицитов и профицитов продукции, но и получать максимум прибыли от реализации продукции на экспорт, удовлетворив при этом внутренний спрос на продукцию агропромышленного производства.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Кондратьев, Н. Д. Теория длинных циклов / Н. Д. Кондратьев ; редкол. Л. И. Абалкин [и др.] ; сост. В. М. Бондаренко, В. В. Иванов, С. Л. Комлев [и др.]. — М. : Экономика, 2001. — С. 24–25.
Kondrat'ev, N. D. Teorija dlennyh ciklov [The theory of long cycles] / N. D. Kondrat'ev ; redkol. L. I. Abalkin [i dr.] ; sost. V. M. Bondarenko, V. V. Ivanov, S. L. Komlev [i dr.]. — M. : Jekonomika, 2001. — P. 24–25.
2. Игуминцев, А. П. Цикличность погоды и прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур / А. П. Игуминцев. — Луганск, 1990. — 265 с.
Igumincev, A. P. Ciklichnost' pogody i prognozirovanie urozhajnosti sel'skoho-zhajstvennyh kul'tur [Cyclicity of weather and forecasting of agricultural crops productivity] / A. P. Igumincev. — Lugansk, 1990. — 265 p.
3. Олейник, А. В. Цикличность сельскохозяйственного производства / А. В. Олейник // Белорус. экон. журн. — 2004. — № 1. — С. 39–48.
Olejnik, A. V. Ciklichnost' sel'skoho-zhajstvennogo proizvodstva [Cyclicity of agricultural production] / A. V. Olejnik // Belarus. jekon. zhurn. — 2004. — N 1. — P. 39–48.
4. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс. / С. Хайкин — М. : Вильямс, 2016. — 1104 с.
Hajkin, S. Nejronnye seti. Polnyj kurs [Neural networks. Complete course] / S. Hajkin — M. : Vil'jams, 2016. — 1104 p.
5. Мозоль, А. А. Оценка влияния погодно-климатических факторов при прогнозировании урожайности / А. А. Мозоль, А. В. Мозоль // Науч. тр. Белорус. гос. экон. ун-та. — Минск, 2018. — Вып. 11. — С. 288–296.
Mozol', A. A. Ocenka vlijaniya pogodno-klimaticheskikh faktorov pri prognozirovanii urozhajnosti [Assessment of the influence of weather and climatic factors in predicting productivity] / A. A. Mozol', A. V. Mozol' // Nauch. tr. Belarus. gos. jekon. un-ta. — Minsk, 2018. — Vyp. 11. — P. 288–296.
6. Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (Гидромет) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://hmc.by/>. — Дата доступа: 01.05.2021.
7. База данных ООН UN Comtrade [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://comtrade.un.org/>. — Дата доступа: 01.05.2021.
8. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. — Дата доступа: 01.05.2021.
9. Проект ClimaEast [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.climateeast.eu/>. — Дата доступа: 01.05.2021.
10. Мозоль, А. А. Нейросетевая модель определения рисков и индикаторов развития молочного скотоводства / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Сборник научных трудов «Проблемы экономики». — 2018. — № 2 (27). — С. 149–158.
Mozol', A. A. Nejrosetevaja model' opredelenija riskov i indikatorov razvitiya molochnogo skotovodstva [Neural network model for determining risks and indicators of the development of dairy cattle breeding] / A. V. Mozol', A. A. Mozol' // Sbornik nauchnyh trudov «Problemy jekonomiki». — 2018. — N 2 (27). — P. 149–158.

ALESIA MAZOL

**METHODS OF MEDIUM-TERM FORECASTING
FOR AGRIBUSINESS OF THE REPUBLIC
OF BELARUS UNDER CONDITIONS
OF UNSTABLE ECONOMIC ENVIRONMENT**

Author affiliation. *Alesia MAZOL (a.mozol@aol.com), Belarus State Economic University (Minsk, Belarus).*

Abstract. Procedures for medium-term forecasting for agro-industrial production in the Republic of Belarus in an unstable economic environment have been developed and tested. The yield level of agricultural products is forecast depending on weather and climate conditions. The optimal areas of major agricultural crops have been determined, which ensure both the satisfaction of domestic demand for products and the generation of maximum profit from the sales of export products. The problem of fodder provision for livestock breeding based on forage crops is solved.

Keywords: procedures of medium-term forecasting; crop optimization; import substitution; export oriented products.

UDC 330.46 : 338.27

*Статья поступила
в редакцию 15. 09. 2021 г.*

**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР БГЭУ
представляет**

Лысенкова, М. В.

Инвестиционное проектирование : учеб. пособие / М. В. Лысенкова. — Минск : БГЭУ, 2021. — 418 с.

Изложены теоретические и методические аспекты инвестиционного проектирования, его место и роль в науке и экономике, раскрываются понятия «инвестиции», «инвестиционные ресурсы» и управление ими, рассмотрены вопросы государственного регулирования инвестиционной деятельности, освещена специфика традиционных и новых источников финансирования инвестиций, изучены вопросы планирования и проектирования инвестиционной деятельности, в том числе методика разработки бизнес-плана инвестиционного проекта организации (предприятия) по требованиям Министерства экономики Республики Беларусь. Кроме того, представлена методика UNIDO по составлению инвестиционного проекта, обоснованы методы оценки и управления рисками инвестиционной деятельности, вопросы экспертизы и программного обеспечения разработки проектов.

Предназначено для студентов, магистрантов и аспирантов, слушателей последиplomного образования, научных работников, специалистов-практиков, руководителей организаций (предприятий), инвесторов, бизнес-партнеров.