

тайского государственного университета. – 2013. – № 1/2. – С. 126–130.

5. Хворова Л. А., Гавриловская Н. В., Лопатин Н. Н. Применение информационных технологий, математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных // Известия Алтайского государственного университета. – 2006. – №1. – С. 83–88.

6. Гавриловская Н.В., Хворова Л.А. Информационно-прогностическая система сбора, обработки, анализа и обобщения агрометеорологической информации // Известия Алтайского государственного университета. – 2010. – №1/1. – С. 65–68.

УДК 631.1: 681.5

Системы поддержки принятия решений в земледелии: применение данных ДЗЗ, ГИС-технологий и моделирования в точном земледелии

В.М. Брыксин¹, Л.А. Хворова²

*¹ Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
г. Калининград, ²АлтГУ, г. Барнаул*

Эффективность решений, принимаемых по управлению производством растениеводческой продукции на всех уровнях управления, определяется точностью, полнотой и оперативностью информации, доступной лицу, принимающему решение. Отсутствие или неполнота исходных данных, а также невозможность объективной оценки последствий принимаемых решений является основным источником ошибок, приводящих к негативным и зачастую катастрофическим явлениям, таким как эрозия почв, деградация черноземов, загрязнение окружающей среды. Появление современных высокоскоростных компьютеров с большой памятью позволяют коренным образом изменить ситуацию в области информационной поддержки принимаемых решений. В качестве источника необходимой для принятия решений информации могут быть использованы данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), географические системы (ГИС), разветвленные базы данных, а также базы знаний, основанные на использовании имитационных динамических моделей агроэкосистем [1–3]. Это позволит видоизменить технологию принятия решений путем «проигрывания» сценариев будущего с учетом текущей и прогнозируемой обстановки.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений агрономической науки и производства растениеводческой продукции

является точное земледелие, в основе которого лежит представление о возможности значительного повышения урожаев, существенной экономии ресурсов и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду за счет применения пространственно-дифференцированных агротехнологий, связанных с пространственной изменчивостью почвенных и иных факторов продуктивности в пределах отдельного сельскохозяйственного поля.

Как показывает анализ многочисленных публикаций, посвященных системам поддержки принятия решений (СППР) в земледелии, в частности точном земледелии, многие из них в значительной степени используют хотя бы одну из составляющих триады – ДЗЗ, ГИС и/или математическое моделирование.

1. Дистанционное зондирование Земли из космоса

Зондирование Земли из космоса сегодня представляет собой важнейший источник информации, необходимой для решения задач экологии и рационального природопользования, обеспечения безопасности жизнедеятельности и др.

Использование данных ДЗЗ из космоса является одним из эффективных методов получения пространственной информации об объектах. Данные ДЗЗ объективны, достоверны, наглядны, при этом могут обеспечить информацией по всем точкам поля, что дает возможность оптимального управления однородными зонами поля.

С помощью методов дистанционного зондирования Земли со спутников можно оперативно решать такие задачи, как: распознавание и оценка площадей пахотных земель; мониторинг атмосферы и подстилающей поверхности (температура на поверхности, объемное содержание воды в верхнем слое почвы, восстановление альbedo подстилающей поверхности [4]); радиационный режим атмосферы и подстилающей поверхности; коррекция листового индекса в моделях биопроductивности; оценка урожайности зерновых культур [5].

2. Географические информационные системы (ГИС)

ГИС – цифровая система хранения, редактирования, создания и анализа информации, имеющей пространственные координаты (географическую привязку к местности).

ГИС-технологии используются для хранения и манипуляции пространственно распределенными данными, а также для наглядного представления картографической информации. Электронные картографические материалы могут быть использованы в районировании территории по целому комплексу признаков, а также при составлении долговременных агроэкологических прогнозов.

Для реализации технологии точного земледелия разработано множество специализированных ГИС, которые содержат в своих тематических слоях информацию, необходимую для рационального земледелия, например, содержание гумуса, фосфора, калия, азота, агрофизические свойства почвы, рельеф, климатические условия и многие другие данные. СППР, используя данные ГИС, на основе заложенных алгоритмов обработки синтезирует карту операции на выполнение агротехнологической операции. Бортовой компьютер, установленный на с.-х. технике, сопоставляет полученные от космических аппаратов GPS координаты положения машины с данными карты состояния поля, в результате чего осуществляется выполнение операции в данной точке участка в соответствии с запланированной схемой работ.

Функционально специализированные ГИС позволяют решать следующие задачи:

- составление и ведение цифровых карт полей сельскохозяйственного назначения;
- создание базы данных по истории полей для определения оптимального севооборота;
- определение состояния плодородия почвы и всхожести культур, рациональное использование минеральных удобрений и средств защиты растений;
- усовершенствование прогнозирования развития культур [6];
- определение площади водной эрозии;
- представление сведений, хранящихся в базе данных в табличном виде, составление карт и вывод их на печать;
- оценка рисков и уточнение страховых платежей.

3. Математическое моделирование

Динамические модели являются принципиально новым средством оценивания ситуации, складывающейся на с.-х. полях с выдачей прогнозов по состоянию посевов и среды обитания растений в реальном времени. Модель позволяет отслеживать динамику важнейших процессов, происходящих в почве, приземном воздухе и растительном покрове, начиная с момента сева (посадки) и кончая датой уборки урожая, являясь интеллектуальным ядром СППР в растениеводстве. Как правило, на вход модели поступают контролируемые (агротехника) и неконтролируемые (погода) воздействия. На выходе модели формируются динамические оценки и динамические прогнозы.

Существующая версия модели Agrotool, разработанной в лаборатории математического моделирования агроэкосистем АФИ (г. Санкт-Петербург), позволяет адекватно описывать следующие агротехнические мероприятия и получать оценку их влияния на продукционный

процесс растений: обработка почвы, внесение удобрений и азотных подкормок, сев (посадку), поливы в орошаемом земледелии, укосы трав и уборку урожая.

В качестве погодных условий в модели используются суточные данные о метеопараметрах, измеряемых на метеостанциях или метеопостах.

Модель содержит математическое описание следующих процессов, имеющих место в системе «почва - растительный покров - приземный слой воздуха»:

- радиационный режим посева, включая коротковолновую, длинноволновую радиацию и ФАР,
- режим турбулентного переноса паров воды, тепла и углекислого газа в посевах,
- динамика влагопереноса в почве,
- транспирация и физическое испарение,
- трансформация почвенной органики,
- динамика элементов питания растений (азот) в почве и посевах,
- фотосинтез растений,
- развитие растений в онтогенезе,
- рост отдельных органов растений (листьев, стеблей, корней, генеративных или запасных органов) и формирования урожая.

Модель имеет балансовый характер и рассчитывает все составляющие водного и теплового балансов, динамики питательных элементов в почве и накопления растениями органического вещества с суточным временным шагом.

Прикладные аспекты использования моделей в точном земледелии

Принятие решений, например, о необходимости дополнительного внесения удобрений на конкретном участке поля может основываться на информации, полученной с помощью глобальной позиционной и географической информационной систем, традиционных источников, а также на основе экспертных оценок практиков и модельных расчетов. Зная карты урожайности, почвенные и другие характеристики полей, используя математические модели, можно составлять программу движения машинного агрегата (например, с целью внесения удобрений) и по заданным программам вносить на конкретный участок поля соответствующее количество удобрений с сочетанием азота, фосфора и калия в необходимых пропорциях. В СППР неопределима роль моделей [7–10], которые в режиме предварительных расчетов, могут спрогнозировать последствия той или иной агротехнологии, рассчитать оптимальные дозы удобрений, спрогнозировать сроки наступления фено-

фаз, а эксперт по результатам модельных расчетов может дать оценку множеству возможных агротехнологий и отдельным агротехнологическим операциям по экономическим и экологическим критериям.

Библиографический список

1. Хворова Л.А., Брыксин В.М., Гавриловская Н.В., Топаж А.Г. Математическое моделирование и информационные технологии в экологии и природопользовании. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 277 с.

2. Оскорбин Д.Н., Гавриловская Н.В., Понькина Е.В., Хворова Л.А. Инновационная технология поддержки принятия решений по управлению производством продукции растениеводства // Материалы междушколы-семинара «Фундаментальные и прикладные исследования в математической экологии и агроэкологии». – Барнаул, 2012. С. 121–127.

3. Хворова Л.А., Гавриловская Н.В., Брыксин В.М. Технология прогноза урожайности зерновых культур с использованием динамических имитационных моделей продуктивности, года-аналога и данных дистанционного зондирования // Материалы 4-й Междушколы-семинара «АГРОИНФО-2009» Информационные технологии, системы и приборы в АПК. Сибирский физико-технический институт аграрных проблем. – 2009. – С. 11–13.

4. Шмаков И.А., Лагутин А.А., Хворова Л.А. Математические технологии восстановления альбедо и NDVI по данным спектрорадиометра MODIS // Материалы междушколы-семинара «Фундаментальные и прикладные исследования в математической экологии и агроэкологии». – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2012. С. 162–167.

5. Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Рычкова Н.В., Хворова Л.А. Верификация модифицированной модели биопродуктивности EPIC на региональном уровне // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: физико-математ. науки. 2014. Вып. 4. С.121-126.

6. Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Хворова Л.А. Интеграция модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур в среду геоинформационных систем // Матер. Всерос. конф. с междушкольным участием «Математические модели и информационные технологии в с/х биологии: итоги и перспективы». – СПб., 2010. – С.76–79.

7. Хворова Л.А. Математические модели в теории и практике точного земледелия // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – № 1/2. – С. 121–125.

8. Хворова Л.А. Модель теплового режима почв в пространственно-дифференцированных технологиях точного земледелия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного поли-

технического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2011. – Т. 4. – № 128. – С. 101–107.

9. Хворова Л.А., Жариков А.В. Численное моделирование составляющих теплового режима почв Алтайского Приобья // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – № 1/2 (77). – С. 126–130.

9. Лагутин А.А., Волков Н.В., Мордвин Е.Ю., Хворова Л.А. Моделирование климата Западной Сибири с использованием RegCM4: поля температур и осадков // Материалы междушколы-семинара «Фундаментальные и прикладные исследования в математической экологии и агроэкологии». – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2012. – С. 51–58.

10. Гавриловская Н.В., Топаж А.Г., Хворова Л.А. Моделирование погодных сценариев для оценки урожайности зерновых культур в условиях Западной Сибири // Известия Алтайского государственного университета. 2011. № 1/1 (69). С. 71–77.

УДК 631.16: 519.863

Применение метода анализа иерархий для оценки степени значимости параметров в общей оценке готовности гидротехнического сооружения к безопасному пропуску паводковых вод

Е.Ю. Морозюк, Е.В. Понькина
АлтГУ, г. Барнаул

Риски подтопления территорий в результате гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях (ГТС) являются существенными. Для предотвращения таких аварий два раза в год проводят оценку готовности ГТС к безопасному пропуску паводковых вод. Межведомственной комиссией проводится обследование ГТС в рамках предпаводкового и паводкового обследования сооружений для выработки решения по приведению сооружений к безопасному состоянию. В состав комиссии входят специалисты из ККУ «УГОЧС и ПБ в Алтайском крае»; ГУ МЧС России по Алтайскому краю; Главного управления природных ресурсов и экологии Алтайского края; Ростехнадзора; Верхне-Обского бассейнового водного управления [1]. До начала проведения обследования ГТС организуют разработку оптимальных маршрутов по районному принципу для сокращения времени на обследование всех ГТС. Подготавливают приказ главы администрации района, в котором указывают: задачи проведения обследования, время проведения обследования, состав комиссии, методы обследования,