

УДК 004.4

Ю.С. Скворцов
**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДСИСТЕМЫ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ
БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Воронежский государственный технический
университет, Воронеж, Россия*

Проблемой исследования является повышение эффективности и необходимость внедрения системы поддержки принятия решений КРІ в агропромышленное предприятие. В связи с этим, данная статья направлена на описание процесса разработки системы КРІ.

Главным методом исследования системы КРІ являются байесовские сети. Подсистема контроля качества в системе КРІ состоит из списка выполненных работ механизаторами. Для оценки каждой работы выбираются показатели КРІ. Выбор показателя зависит от типа выполненной работы и типа культуры. Оценить выбранные показатели отдельной выполненной работы недостаточно, важно учитывать зависимости между показателями. Многие показатели обладают вероятностной характеристикой в следствии чего байесовская сеть выбрана для учета взаимосвязанных показателей. В статье приведен пример использования сети для учета взаимосвязей показателей.

Данный подход к разработке систем поддержки принятия решений позволяет получить процедуру адаптивной настройки байесовской сети, отличающейся возможностью изменения истинности вершин сети с перерасчетом вероятностей влияния на итоговую оценку качества. Получена структура отображения информации при выдаче путевого листа, отличающаяся представлением диспетчеру возможности поиска работника по рассчитанному на основе байесовских сетей среднего процента эффективности работы механизатора.

Разработанный математический аппарат может быть использован на агропромышленном предприятии, которое требует внедрения подсистемы поддержки принятия решений КРІ.

Ключевые слова: байесовская сеть, априорная вероятность, контроль качества, система КРІ.

Введение. Проблема повышения эффективности деятельности аграрных предприятий и необходимость внедрения систем КРІ является актуальной. Бизнес-процессы принимают участие в создании основной ценности и сфокусированные на получении прибыли, ориентированной на достижение стратегической цели управления сельскохозяйственным предприятием, они формируют такой результат, такие потребительские качества за которые клиент готов платить деньги. Целью работы является описать процесс разработки подсистемы принятия решений КРІ для агропромышленного предприятия. Разрабатываемая система КРІ состоит из двух модулей:

1. Модуль контроля качества.

2. Модуль воронки производства.

1. Модуль контроля качества. Модуль контроля качества состоит из списка выполняемых работ механизаторами.

Каждый их типов работ содержит список выполненных путевых листов. Каждый путевой лист оценивается показателями КРІ. Выбор тех или иных влияющих показателей на качество работы зависит от типа выполненной работы и от типа культуры. Каждому показателю выставляется фактический результат выполнения, после чего система считает отклонение от эталонного значения выбранного показателя. Но оценить отдельно каждый показатель недостаточно, нужно учитывать зависимости между показателями. Для этого используется построение байесовской сети, связывающая функциональные показатели. Подсистема контроля качества показана на рисунке 1.

КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

Год	Культуры	Площадь, га
2016	Картофель(№006 Т)	100

Поля

- №006 Т(100 га)

Список работ

Боронование почвы (1) Оценка: 100%
Фрезерование (20) Оценка: 100%
Подвоз воды в поле (1) Оценка: 100%
Подвоз семян в поле (7) Оценка: 100%
Внесение минеральных удобрений (1) Оценка: 100%
Гребнеобразование (13) Оценка: 100%
Внесение СЗР (17) Оценка: 100%
Подвоз воды и СЗР одновременно (21) Оценка: 100%
Дискование почвы ()
Удаление ботвы (11) Оценка: 100%

Рисунок 1 – Подсистема контроля качества

2. Построение байесовской сети. В основе теории байесовских сетей лежит формула Байеса и правило сети, которое является обобщением правила умножения вероятности и средством вычисления совместного распределения вероятностей случайных событий. Рассмотрим применение байесовских сетей на нашей предметной области.

Пусть у нас имеются функциональные показатели, влияющие на качество боронование почвы: длина зубов агрегата, глубина боронования, скорость движения бороны и влажность почвы. В свою очередь длина зубов агрегата влияет на глубину боронования. Если длина зубов будет слишком длинной, то глубина боронования будет чрезмерной, а поверхность почвы недостаточно выравненной. Также скорость движения агрегата влияет на глубину боронования. При быстром движении грудки разбиваются лучше, но глубина обработки при этом меньше, чем во время медленного движения. Пусть A_1, A_2, \dots, A_n – функциональные показатели влияющие на качество выполнения боронования почвы, ассоциируемые с наступлением случайных событий. Тогда по правилу сети (1) :

$$P(A_1 A_2 \dots A_n) = P(A_1 | A_2 \dots A_n) * P(A_2 | A_3 \dots A_n) * \dots * P(A_{n-1} | A_n) * P(A_n) \quad (1)$$

Байесовская сеть - это ориентированный ациклический граф, каждая вершина которого представляет собой функциональный показатель, описанный случайной величиной (переменной) A_i , которая может находиться в нескольких состояниях [1].

С каждой вершиной априори связываются параметры, соответствующие закону распределения случайной величины. Дуга между любыми двумя вершинами A_i и A_j ($i \neq j$) устанавливает причинно-следственную связь « A_i вызывает A_j ». В сети справедливо отношение условной независимости вершин: вершина-потомок A_j не зависит от вершин-предков, которые находятся выше вершины - родителя (то есть A_i). Это позволяет упростить правило сети. Пусть a_1, \dots, a_n - множество всех возможных конфигураций значений множества случайных величин A_1, A_2, \dots, A_n в вершинах сети, а запись $\text{Предки}(A_i)$ означает множество предков вершины A_i [2]. Тогда совместное распределение вероятностей для A_1, A_2, \dots, A_n на множестве всех конфигураций (2):

$$P(a_1, a_2, \dots, a_n) = \prod_{i=1}^n P(a_i | \text{Предки}(a_i)) \quad (2)$$

На рисунке 1 изображена построенная байесовская сеть с пятью вершинами A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 , переменные которых могут принимать лишь два значения – Т и F.



Рисунок 2 - Байесовская сеть с пятью вершинами для работы «Боронование почвы»

Байесовская сеть предоставляет полное совместное распределение вероятности всех возможных событий, вычисляя априорную вероятность каждой комбинации значений всех переменных, которые представляют эти события [3]. Когда значение какой-то переменной становится известным (очевидным фактом), первичное совместное распределение вероятности пересчитывается с учетом этого факта, наблюдается переходный процесс замены априорных вероятностей значений каждой переменной апостериорными, то есть пересматриваются вероятности событий, моделируемых байесовской сетью. Таким образом, посредством байесовской сети можно формулировать предположение о существовании зависимости между разными переменными, а затем последовательно «распространять» получаемые объективные данные наблюдений по сети [4]. Параметры каждой вершины сети должны быть представлены таблицей вероятностей вершины, функцией распределения вероятности или детерминированной функцией от значений случайных величин в вершинах-родителях [5].

3. Воронка производства. Затем агроном переходит к работе с вторым модулем – воронки производства. Воронка производства — это принцип распределения сельскохозяйственных работ за выбранной год и по конкретной культуре. Входными и выходными данными воронки является годовой валовой сбор урожая. Если суммарная оценка всех типов работ близка к идеальному, то воронка превращается в цилиндр. При снижении суммарной оценки воронка сужается пропорционально оценке. Пользователь имеет возможность выбрать и культуру, после чего будет построена воронка и показаны поля на которых посажена выбранная культура.

На рисунке 4 представлен структура работы подсистемы поддержки принятия решений.

4. Реализация системы KPI. Данный математический аппарат вероятностного вывода встроен в АС «Агрополе». Серверная часть приложения написана ASP.NET. ASP.NET - технология создания веб-

приложений и веб-сервисов. Разработчики могут писать код для ASP.NET, используя практически любые языки программирования, входящие в комплект .NET Framework [6]. ASP.NET имеет преимущество в скорости по сравнению со скриптовыми технологиями, так как при первом обращении код компилируется и помещается в специальный кэш, и впоследствии только исполняется, не требуя затрат времени на парсинг, оптимизацию, и т. д. Вероятностный вывод реализован на сервере, пользователь видит результаты вывода в клиентской части, написанной на AngularJS [7]. AngularJS — JavaScript-фреймворк с открытым исходным кодом. Предназначен для разработки одностраничных приложений. Его цель — расширение браузерных приложений на основе MVC шаблона, а также упрощение тестирования и разработки.

ВОРОНКА ПРОИЗВОДСТВА

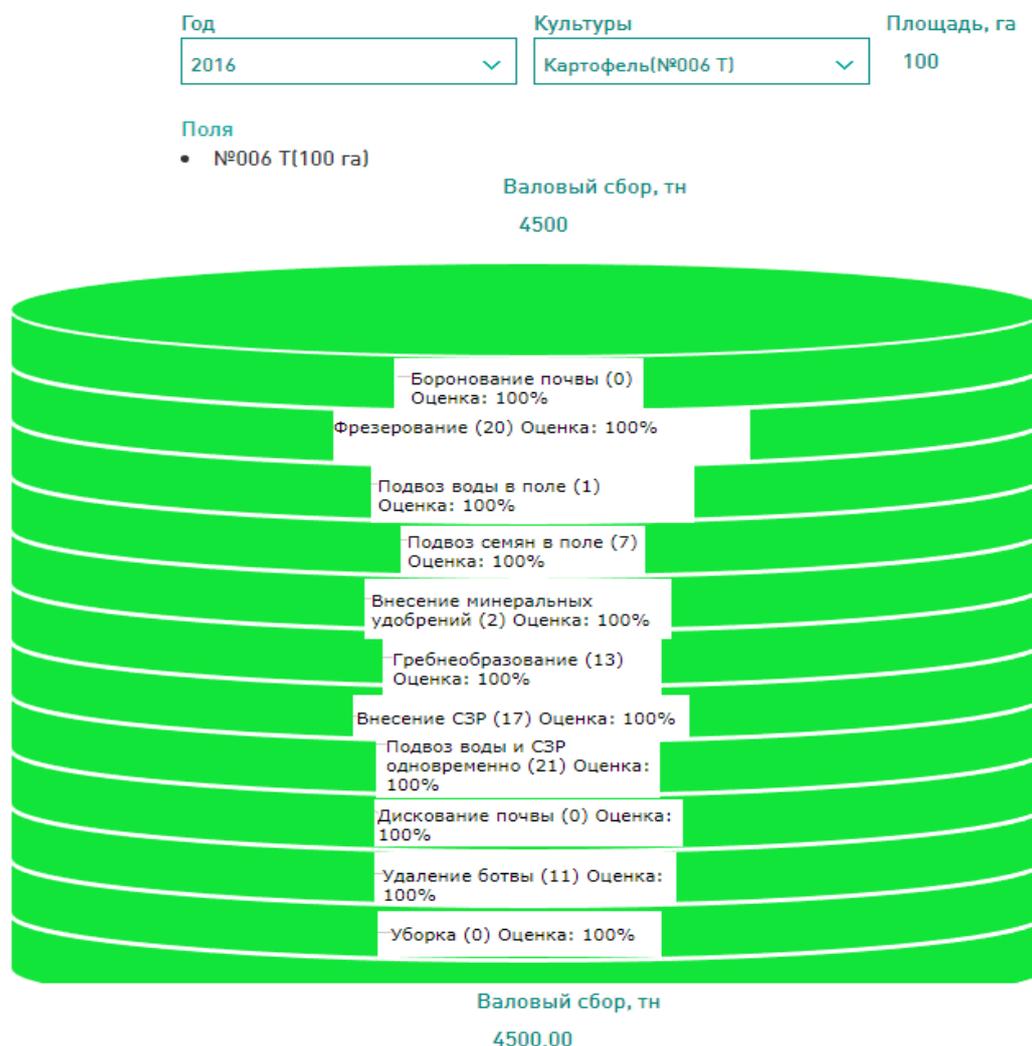


Рисунок 3 – Подсистема «Воронка производства» с планируемым и фактическим валовым сбором за год

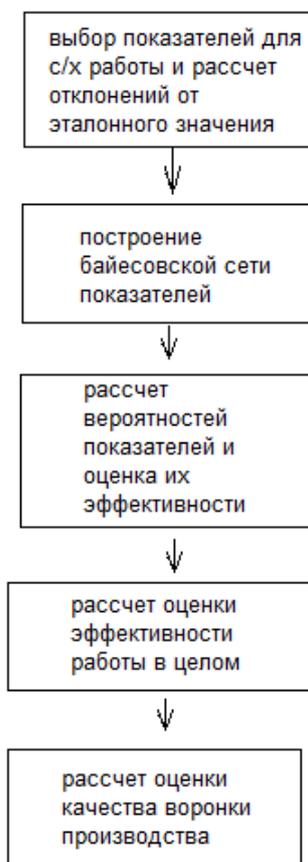


Рисунок 4 - Структура работы подсистемы поддержки принятия решений

5. Результаты исследования. Данный подход к разработке систем поддержки принятия решений позволяет получить следующие результаты:

- взаимосвязи функциональных показателей бизнес-процесса агропромышленного комплекса, отличающиеся способом учета рассчитанных отклонений фактических значений показателей от эталонных при формировании множества таблиц условных вероятностей;

- байесовская сеть выполнения производственных работ, отличающаяся возможностью вероятностной характеристикой влияния каждого из показателей в зависимости от типа выполненной работы и выбранной культуры;

- процедура адаптивной настройки байесовской сети, отличающаяся возможностью изменения истинности вершин сети с перерасчетом вероятностей влияния на итоговую оценку качества;

- структура отображения информации при выдаче путевого листа, отличающаяся представлением диспетчеру возможности поиска работника по рассчитанному на основе байесовских сетей среднего процента эффективности работы механизатора.

6. Обсуждение результатов. Допустим в нашем примере известно, что боронование почвы выполнено некачественно. Это свидетельство вводится выбором состояния «да» в вершине «Качество». После этого можно узнать вероятности того, что боронование почвы выполнено некачественно. Для приведенных выше исходных данных, результаты вывода путем распространения вероятностей по БСД будут:

1. $P(\text{«Влажность почвы»} = \text{Да} \mid \text{Качество} = \text{Да}) = 0.06.$

2. $P(\text{«Длина зубов агрегата»} = \text{Да} \mid \text{Качество} = \text{Да}) = 0.08.$

3. $P(\text{«Глубина боронования»} = \text{Да} \mid \text{Качество} = \text{Да}) = 0.82.$

4. $P(\text{«Скорость движения боронь»} = \text{Да} \mid \text{Качество} = \text{Да}) = 0.12.$

После того, как стали известны вероятности влияния всех параметров мы можем дать оценку выполнения работы. Для этого задана таблица, по которой определяется оценка функционального показателя в зависимости от величины вероятности. После того как были получены все оценки берется их среднее значение и вычисляется оценка качества работы в целом по всем путевым листам.

Заключение. Разработанный алгоритм позволяет повысить качество выполняемых работ на предприятии, с помощью байесовских сетей, которые позволяют учитывать взаимосвязи между функциональными показателями КРІ, обладающих вероятностными характеристиками.

Разработанный программный продукт «Информационная подсистема поддержки принятия решений» тестируется в компании ООО «Логус-агро» г. Воронежа, которая занимается выращиванием сельскохозяйственных культур, хранением и переработкой сельскохозяйственной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика, — М.: Высшее образование. 2005, 134 с.
2. Элиезер Юджовски. Наглядное объяснение теоремы Байеса, 54 с.
3. Ларичев О. И., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. — Т.21. М.: ВИНТИ, 1987, с. 131—164.
4. Терелянский, П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография / П. В. Терелянский; ВолгГТУ. — Волгоград, 2009. — 127 с.
5. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В.: Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 704 с.

6. Панов М. М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе KPI / М.М. Панов — М.: Инфра-М, 2013. — 255 с.
7. Клочков А. К. KPI и мотивация персонала / А. Клочков — Эксмо, 2010. — 160 с.

U.S. Skvortsov

**DEVELOPMENT OF INFORMATION SUBSYSTEM OF DECISION
SUPPORT SYSTEM BASED ON BAYESIAN NETWORKS FOR
AGRICULTURAL ENTERPRISES**

*Voronezh State Technical University,
Voronezh, Russian Federation*

The problem of the study is to increase the efficiency and necessity of implementing the KPI decision support system in the agro-industrial enterprise. In this regard, this article is aimed at describing the process of developing the KPI system.

Bayesian networks are the main method of studying the KPI system. The quality control subsystem in the KPI system consists of a list of the work performed by the machine operators. For the evaluation of each work, the KPI indicators are selected. The choice of the indicator depends on the type of work performed and the type of culture. Assess the selected indicators of a separate work performed is not enough, it is important to consider the dependencies between the indicators. Many indicators have probabilistic characteristics, as a result of which the Bayesian network was chosen to take into account interrelated indicators. The article gives an example of using a network to account for the interrelations of indicators.

This approach to the development of decision support systems allows us to obtain an adaptive Bayesian network setup procedure that is distinguished by the ability to change the vertexity of the network with the recalculation of the probabilities of influence on the final quality assessment. The structure of information display when issuing a waybill is obtained, differing in the representation to the dispatcher of the possibility of searching for an employee based on the Bayesian network of an average percentage of the machine operator's efficiency.

The developed mathematical apparatus can be used in the agro-industrial enterprise, which requires the implementation of the KPI decision support subsystem.

Keywords: bayesian network, prior distribution, quality control, KPI system.

REFERENCES

1. Gmurman V. E., Probability Theory and Mathematical Statistics, M.: Higher Education. 2005, 134 p.
2. Eliezer Yudkowski. A visual explanation of the Bayes theorem, 54 p.
3. Larichev O. I., Petrovsky A.B. Decision Support Systems. Current state and prospects of their development. // Results of science and technology. Ser. Technical cybernetics. - T.21. Moscow: VINITI, 1987, p. 131-164.

4. Terelyansky, P. V. Decision Support Systems. Experience in designing: monograph / PV Terelyansky; VolgGTU. - Volgograd, 2009. - 127 p.
5. Vagin V. N., Golovina E. Yu., Zagoryanskaya A. A, Fomina M. V.: A reliable and plausible conclusion in the intellectual systems. M .: FIZMATLIT, 2004. - 704 p.
6. Panov M.M. Activity evaluation and company management system based on KPI / MM. Panov - M .: Infra-M, 2013. - 255 p.
7. Klochkov A.K. KPI and motivation of the staff / A.K. Klochkov - Eksmo, 2010. 160 p.