

УДК 519.866

Апатова Н. В., Акинина Л. Н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КРЫМА

Общее потребление воды в Крыму только на 15-20% обеспечивается за счет местных ресурсов, а 80-85% поступает через Северо-Крымский канал. Благодаря каналу, обеспечивается водоснабжение городов Симферополя, Севастополя, Керчи, Феодосии, Судака и практически всех степных районов. Благодаря строительству Северо-Крымского канала, 259 хозяйств имеют свыше 400 тыс. гектаров орошаемых площадей. В настоящее время канал обеспечивает водой 89% поливных земель Крыма.

Наряду с улучшением сельскохозяйственного производства и водоснабжения большой территории, строительство канала имеет ряд негативных последствий. В последние годы по ряду причин произошло также значительное снижение продуктивности орошаемых земель. Основными причинами снижения продуктивности орошаемых земель являются: 1) высокие цены на дождевальную технику, удобрения, энергоносители, что привело к повышению себестоимости сельскохозяйственной продукции; 2) значительное снижение доз органических и минеральных удобрений, вносимых на орошаемые земли, 3) резкое ухудшение технического состояния оросительных систем.

Интенсивный рост площадей орошаемых земель, ненормированная подача воды на приусадебные участки, нарушение режима полива привели к резкому подъему уровня минерализованных грунтовых вод. В результате интенсивного водоотбора подземных вод в степной части Крыма произошло объемное истощение и химическое загрязнение этих вод, являющихся единственным источником питьевой воды в этом регионе. В 2000 году дефицит пресной воды в степных районах Крыма составлял 60 млн. кубических метров.

На базе самой большой реки Крыма – Салгира – создана Салгирская оросительная система, в которую также подается вода из Северо-Крымского канала как гарантированного источника воды (50% всего объема воды данной системы – из СКК). В настоящее время эта система обеспечивает полив на площади 20,2 тыс. гектаров, из нее подается питьевая вода в г. Симферополь и техническая вода для обеспечения города теплом. В состав системы входят 217 прудов и водоемов, из которых 11 используются для орошения. Эти пруды выступают в качестве накопителей воды в зимний период и позволяют регулировать общую подачу воды в засушливый летний период.

Однако проводимые работы не решают главной задачи: распределения и перераспределения водных потоков, с целью направления их в нуждающиеся в воде пункты и предотвращения затопления и подтопления других объектов. Такую комплексную задачу, на наш взгляд, можно решить с использованием представления всей системы водоснабжения в виде сети Петри с параллельными процессами (одновременно работающими насосными станциями в узлах сети) и древовидных моделей некоторых ее участков.

Преимуществами сетей Петри для имитационного моделирования являются: 1) минимальность и ортогональность концептуального базиса; 2) высокая структурная репрезентативность графического представления сетей Петри – сохранение в графической форме сетей Петри структуры оригинальной системы, что делает такое моделирование достаточно простым и «прозрачным» для пользователя.

Сети Петри разрабатывались специально для моделирования тех систем, которые содержат взаимодействующие параллельные компоненты. Сети Петри могут быть использованы для моделирования самых различных систем: аппаратного и программного обеспечения вычислительных машин, химических, социальных систем и т.д. Однако это лишь показывает, что сети Петри могут адекватно моделировать некоторые системы, но могут существовать системы, которые нельзя моделировать с их помощью. Исследователи, использовавшие сети Петри для моделирования систем, обнаружили, что возможности моделирования сетями Петри реальных систем ограничены. Этим объясняются тенденции к различным расширениям данного механизма моделирования.

Таким расширением могут служить модифицированные сети Петри, которые дополняют традиционные сети Петри следующими понятиями: индивидуализацией фишек; входными и выходными предикатными дугами; временными переходами; прерываемыми переходами; процедурными переходами.

Индивидуализация фишек заключается в том, что фишки сетей перестают быть просто индикаторами выполнения условий, такая фишка приобретает набор атрибутов, значения которых изменяются с течением времени в результате выполнения перехода. Атрибуты участвуют: в выражениях, задающих длительность выполнения переходов; в предикатах входных и выходных дуг; в процедурах переходов. Атрибутами фишек в предлагаемой модели могут являться характеристики пропускной способности насосных станций (объем подаваемой воды в единицу времени), общий объем требуемой воды для данного узла (как суммарная потребность всех обеспечиваемых данным узлом хозяйств), площадь орошаемых земель. В качестве экономического показателя может присутствовать оплата за потребляемую воду. Каждому атрибуту приписывается рассчитываемый весовой коэффициент, например, объем потребляемой воды, который может учитывать не только потребность данного хозяйства или группы хозяйств, относящихся к данному узлу, но и общую потребность в воде в системе, которая может ограничиваться подачей воды в канал из реки Днепр. Здесь решается задача общего пользования ограниченным ресурсом, когда спрос на воду превышает имеющееся предложение и возникает необходимость в распределении. Весовой

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КРЫМА

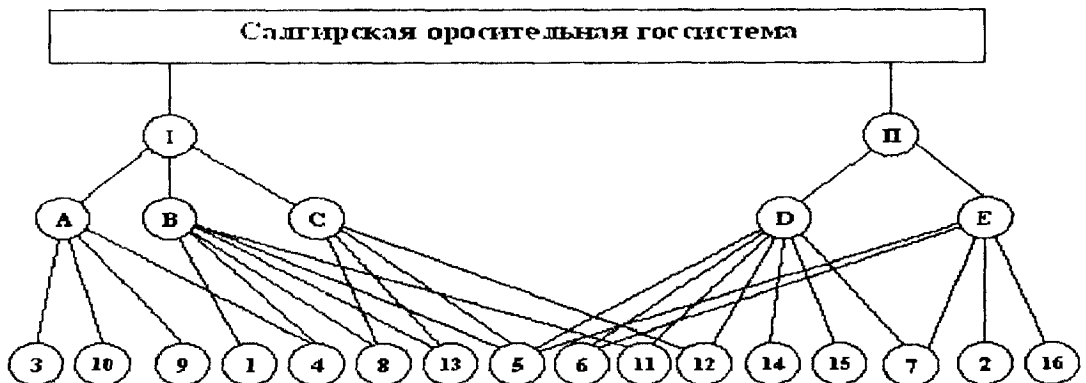
коэффициент, или обобщенный весовой коэффициент, входных фишек для данного узла определяет переход, т.е. пропуск воды через данный узел. Динамика сети представляется в виде потока индивидуализированных фишек, в оригинале модели это – реальный поток воды и идеальные, связанные с ним значения экономических и физических показателей.

Временные переходы позволяют в терминах модифицированных сетей Петри описывать понятие «длительность» события и связанные с ним понятия «активный» и «пассивный» переход. Они используются в модели для определения длительности полива того или иного земельного участка.

Для того чтобы обеспечить взаимодействие активных переходов (например, приоритетное обслуживание), необходимо ввести в возможности модифицированных сетей Петри механизм прерываний, для чего используются еще два типа переходов: прерывающие и освобождающие. Переход, относительно которого выполняются действия по прерыванию и освобождению, является прерываемым. В модели орошения и совместного использования воды несколькими хозяйствами прерывающий переход соответствует отключению воды в данном узле по ряду причин, например, из-за неуплаты за воду или недостаточного ее количества для обеспечения работы насосной станции.

Предикативные входные дуги определяют условия выполнения более сложных переходов. Они позволяют выбрать путь, по которому будут направлены фишки после выполнения перехода. Переход может выполняться только в том случае, когда он разрешен. Простым условием перехода может являться, например, следующее: «ЕСЛИ ЕСТЬ ВОДА, ТО НАСОСЫ ВКЛЮЧАЮТСЯ». Предикативной дугой, существующей только в модели, можно считать также режим полива, определяемый влажностью почвы (например, условия, при которых полив необходим).

Перераспределение воды между узлами сети, в случае ее дефицита, может привести к необходимости создания модели, представляющей собой сбалансированное дерево, и, следовательно, выбору нового корня, т.е. даже к возможному появлению новой ветви канала у какого-либо из узлов.



I. Симферопольское водохранилище (объем 36 млн. м³), водоподача – 7837 тыс. м³. II. Северо-Крымский канал, водоподача – 20740 тыс. м³. А. Тубайский водопровод (пропускная способность - 340 л/с). В. Правобережный трубопровод (пропускная способность - 900 л/с). С. Левобережный трубопровод (пропускная способность – 670 л/с). D. Красногвардейская ветка СКК (пропускная способность 1200 л/с). E. Сакский канал (СКК) (пропускная способность 2000 л/с). 1 - КСП «Родина», площадь – 550 га, водоподача - 1900 тыс. м³. 2 - ОАО «Партизан», площадь – 2265 га, водоподача - 4000 тыс. м³. 3 - КСП «Урожайный», площадь – 269 га, водоподача - 430 тыс. м³. 4 - КСП «Заря», площадь – 576 га, водоподача - 430 тыс. м³. 5 - КСП «Гвардейский», площадь – 2402 га, водоподача - 11 000 тыс. м³. 6 - ОАО «Родниковый», площадь – 1970 га, водоподача - 3000 тыс. м³. 7 - ОАО «Широкое», площадь – 1686 га, водоподача - 4000 тыс. м³. 8 - КСП «Пригородное», площадь – 317 га, водоподача - 465 тыс. м³. 9 - Комбинат «Крым. роза», площадь – 150 га, водоподача - 200 тыс. м³. 10 - Учхоз «Коммунар», площадь – 435 га, водоподача - 1012 тыс. м³. 11 - КОСС, площадь – 665 га, водоподача - 1000 тыс. м³. 12 - ГНБС, площадь – 321 га, водоподача - 620 тыс. м³. 13 - КОСИО и Б, площадь – 598 га, водоподача - 450 тыс. м³. 14 - КСП им. Кирова, площадь – 886 га, водоподача - 900 тыс. м³. 15 - КСП им. Ленина, площадь – 598 га, водоподача - 450 тыс. м³. 16 - Крымсадстанция, площадь – 356 га, плана водоподачи нет.

Литература

1. Лемешев В. Орошению в Крыму нет альтернативы // Агромир.– 2000.– № 8.– С. 1.
2. Салгирское управление оросительных систем. Эксплуатация гидромелиоративных систем. Годовой отчет. – Симферополь, 2000. – 344 с.
3. Кудин М. Ф. Эффективность орошаемого земледелия Крыма // Строительство и техногенная безопасность.– Симферополь: КИПКС, 1998.– 186 с.
4. Пенько В.Г. Технология композиционного имитационного моделирования на базе модифицированных сетей Петри. Автореф. на соиск. уч. степени кандидата технических наук. – Харьков, 1992. – 245 с.

Поступило в редакцию 4 июня 2001 г.