

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РИСОВЫХ КАРТ

Коробочкин Михаил Ильич, доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»

г. Москва, ул. Казакова, 15, Россия

Дмитриева Елена Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»

г. Москва, ул. Казакова, 15, Россия

Аннотация. Для решения задач оптимального деления рисовых поливных карт на чеки разработан программный комплекс «RIS», реализующий методы динамического программирования и работающий на базе операционных систем семейства Windows. Комплекс дает мощный инструмент анализа ситуаций, обоснованного подбора ограничений и получения оптимальных решений. Практические испытания программного комплекса «RIS» показали его незаменимость при постановке ограничений одновременно на несколько параметров проектирования.

Annotation. To solve the problems of optimal division of rice irrigation maps on cheques developed program complex "RIS", implements the methods of the dynamic programming and is based on the Windows operating systems. The complex gives you a powerful tool to analyze situations, informed recruiting restrictions and optimal solutions. Practical testing of software complex "RIS" showed his indispensability when setting limits on multiple design options.

Ключевые слова: программный комплекс, рисовая карта, рисовый чек, метод динамического программирования, оптимизация объемов земляных работ

Keyword: software system, the rice card, rice check, the method of dynamic programming, the optimization of earthworks

Рисоводство в районах с достаточным количеством источников пресной воды является одной из самых прибыльных статей сельского хозяйства. В состав рисовых оросительных систем входят так называемые поливные

рисовые карты, состоящие из отдельных чеков. Рисовая карта представляет собой часть рисового поля (как правило, вытянутый прямоугольник), ограниченную по длинным сторонам оросительным и сбросным каналами. Чеки, создаваемые внутри карты, это горизонтальные площадки разного уровня, разделенные земляными валиками. Такая конструкция карты необходима потому, что при посадке риса семена нужно заливать водой так, чтобы они были покрыты слоем строго заданной толщины.

Для любого допустимого варианта разбиения рисового поля на карты и рисовых карт на чеки, суммарная величина затрат на земляные работы зависит от величины каждой карты и конкретного положения ее границ на плане и от величины каждого чека внутри карты и конкретного положения его границ на плане [1].

Для решения задач оптимального деления рисовых карт на чеки разработан программный комплекс «RIS», работающий на базе операционных систем семейства Windows [2, 3, 4, 5]. Комплекс содержит блоки по подготовке исходных данных, проектированию, сохранению и выдаче результатов.

В блоке проектирования реализован алгоритм, опирающийся на метод динамического программирования Р. Беллмана [6], с использованием построенного нами функционального уравнения [7, 8, 9, 10]:

$$F_t = \min_i (F_{i-1} + V(i, t)), \quad (1)$$

где при каждом значении t параметр i меняется в пределах

$$t - \Delta_2 + 1 \leq i \leq t - \Delta_1 + 1. \quad (2)$$

При этом, если $t - \Delta_2 + 1 \leq 1$, то $i = 1$ (Δ_1, Δ_2 – минимальная и максимальная допустимая ширина чека).

Здесь $V(i, t)$ – оценка чека (i, t) , F_{i-1} – лучшая оценка деления карты, содержащей столбцы отметок от первого до столбца $i - 1$, F_t – лучшая оценка деления карты, содержащей столбцы отметок от первого до столбца t .

В соответствии с функциональным уравнением (1), решение исходной задачи заменяется решением определенной последовательности существенно более простых задач.

Этот многошаговый процесс делится на два этапа.

Первый этап – прохождение карты от начала к концу, при котором для каждого текущего столбца t ($t = \Delta_1, \Delta_1 + 1, \Delta_1 + 2, \dots, n - \Delta_1, n$) выбирается условное оптимальное деление и вычисляется условный минимум земляных работ. (Под условным оптимальным делением понимается оптимальное деление карты от начала до текущего столбца t).

Второй этап – движение от конца к началу, в результате которого определяются оптимальные (уже не условные) границы деления карты, содержащей n столбцов.

Программный комплекс «**RIS**» дает мощный инструмент анализа ситуаций, обоснованного подбора ограничений и получения оптимальных решений. Практические испытания показали его незаменимость при постановке ограничений одновременно на несколько параметров проектирования [3, 11].

Математические методы проектирования рельефа, реализованные в программном комплексе «**RIS**» полезны при проектировании рельефа и на других орошаемых угодьях, например, там где устанавливаются системы капельного орошения [12].

Приведем пример работы программного комплекса «**RIS**». В качестве исходной поставлена задача оптимального (минимизация затрат на земляные работы) деления на чеки рисовой карты размером 8 x 72. Исходные данные вводятся из файла следующей структуры: размер стороны квадрата проектной сетки в метрах (a), размеры рисовой карты: число строк, число столбцов и вес рабочих отметок (m, n, β); ограничения на минимальную и максимальную ширину чеков (Δ_1 и Δ_2); ограничения на уступы между соседними чеками и на величины срезок и насыпей ($\Delta_z, -\Delta_h, \Delta_h$); количество закрепляемых (ограничиваемых по высоте) точек (N); затем N строк ограничений на

закрепляемые точки $(i, j, z_{ijmin}, z_{ijmax})$. После параметров проектирования вводится массив исходных отметок H_j карты, содержащий m строк и n столбцов. (Если в прямоугольник $m \times n$ вписана непрямоугольная карта, то отметки точек, не принадлежащих карте, принимаются равными нулю и не участвуют в процессе проектирования).

Результаты проектирования программным комплексом «RIS» приведены на рис 1. Здесь все ограничения, кроме $\Delta_1=4$ приняты не лимитирующими. При оптимальном решении карту нужно делить на 14 чеков шириной от 80 до 200 метров. При этом суммарный (накопленный) объем земляных работ составляет 15029,56 кубометров.

Очень важен не только сам результат, но и имеющаяся гарантия того, что лучшего результата, чем полученный, не существует.

Подчеркнем также следующее обстоятельство. При решении задачи деления участка на подучастки с лимитирующими ограничениями на несколько параметров, только программным путем можно эффективно проверить совместность условий и обеспечить необходимые согласования.

Например, если в предыдущем примере сделать более жесткими ограничения на стыковку чеков ($\Delta_z=0.40$) и на величины срезов ($-\Delta_z=0.40$), то не найдется ни одного допустимого решения. Если несколько ослабить второе ограничение ($-\Delta_z=0.45$), то получим решение, где карта делится на 10 чеков с объемом земляных работ 24 638 м.куб.

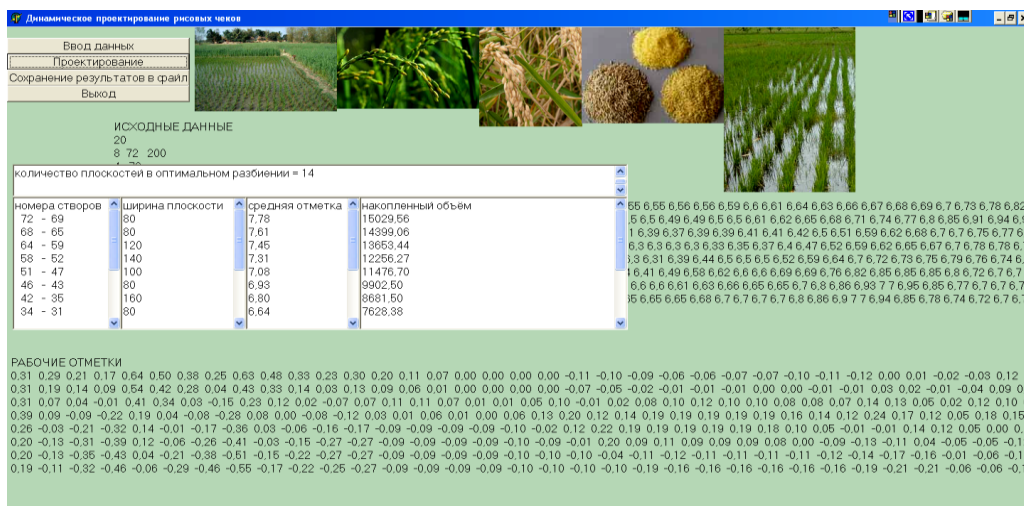


Рисунок 1. Оптимальное разбиение рисовой карты на чеки программным комплексом «**RIS**».

Проводились исследования экономической эффективности оптимизации земляных работ с использованием комплекса «**RIS**» [11]. С помощью плано-высотной оптимизации на площадях около 100 га можно сэкономить на производстве земляных работ порядка 2,4 миллиона рублей в ценах 2019 года.

Практические испытания программного комплекса «**RIS**» показали его незаменимость при постановке ограничений одновременно на несколько параметров проектирования.

Программный комплекс «**RIS**» это интеллектуальная система, которая дает мощный инструмент анализа ситуаций, обоснованного подбора ограничений и получения оптимальных решений при проектировании рисовых полей и некоторых других сельскохозяйственных угодий.

Литература

1. Коробочкин М.И., Дмитриева Е.Е. Проектирование рисовых оросительных систем методом динамического программирования // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. № 1. С. 28-31.
2. Коробочкин М.И., Дмитриева Е.Е. Плано-высотная оптимизация при проектировании рельефа // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2012 – № 11. С.80-85.
3. Коробочкин М.И., Дмитриева Е.Е. Плано-высотное проектирование рельефа методами динамического программирования // Науки о Земле. 2012. № 2. С. 13-19.
4. Дмитриева Е.Е. Информационные технологии проектирования рельефа // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2017 – № 7. – С.79-83.
5. Дмитриева Е.Е. Программное обеспечение для оптимального проектирования рельефа // Сб. статей XVI Международной научно-

практической конференции «INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH».
– Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. С.178-181

6. Bellman, R.E, Kalaba, R.E, [Dynamic Programming and Feedback Control](#), [RAND Corporation](#), P-1778, 1959.

7. Коробочкин М.И., Дмитриева Е.Е. Математическое обеспечение оптимального проектирования рельефа участков земной поверхности // Сб. статей XII Международной научно-практической конференции: «INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH». В 3 ч. Ч. 1 – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. С. 221-224

8. Коробочкин М.И., Калинова Е.В. Разработка теории, методов и технологий математического моделирования геопространственных данных: Электронное научно-практическое пособие – М.: ГУЗ, 2015. – 248 с.

9. Коробочкин М.И. Математическое моделирование в геодезии: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 120101 – Прикладная геодезия — М.: ГУЗ, 2012. – 316 с.

10. Коробочкин М.И., Калинова Е.В., Тихонов А.Д. Математическое моделирование геопространственных данных: Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 21.05.01 – Прикладная геодезия и по направлению подготовки 21.03.03 – Геодезия и дистанционное зондирование — М.: ГУЗ, 2017. – 396 с.

11. Коробочкин М.И., Дмитриева Е.Е. Эффективность планово-высотной оптимизации при проектировании рисовых карт и чеков // Землеустройство, земельный кадастр и мониторинг земель. — 2013. №10. с. 20-26

12. Коробочкин М.И., Дмитриева Е.Е. Перспективы методов математического программирования при проектировании рельефа под системы капельного орошения // Землеустройство, земельный кадастр и мониторинг земель. — 2019. №3. с. 18-23