

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(2,3) = 3(3-1)2^{3-2} = 12,$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y \partial x}(2,3) = \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}(2,3) = 2^{3-1}(1+3\ln 2) = 4 + 12\ln 2,$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}(2,3) = 2^3 \ln^2 2 = 8\ln^2 2.$$

После выполнения данных заданий и проверки результатов мы предлагаем правильный вариант и просим перевести его на русский язык, на котором изучаются математические дисциплины.

Применение информационно-коммуникационных технологий позволяет преподавателям отказаться от собственных традиционному обучению рутинных видов учебной деятельности и повысить познавательный интерес студентов, а затем получить квалификацию, соответствующую социальному заказу и требованиям, которые предъявляет государство к будущему квалифицированному специалисту.

#### Список литературы

1 Виртуальный класс как новый сценарий обучения в вузе в условиях пандемии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnyy-klass-kak-novyy-stsenariy-obucheniya-v-vuze-v-usloviyah-pandemii>. – Дата доступа : 09.01.2024.

2 Mathematics in problems and tasks = Математика в примерах и задачах : учеб. пособие / Л. И. Майсеня [и др.]. – Минск : Выш. шк., 2023. – 558 с.

УДК 519.1:656.25

### ПЕРЕБОРНЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ КАРТ КАРНО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ АЛГЕБРЫ ЛОГИКИ К ДИСКРЕТНЫМ УСТРОЙСТВАМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

*Д. В. КОМНАТНЫЙ*

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,  
Республика Беларусь*

Задача построения минимальной дизъюнктивной нормальной формы (ДНФ) булевой функции имеет важное практическое значение, так как на основании решения этой задачи осуществляется синтез схем дискретных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики [1].

В курсах дискретной математики, ориентированных на инженерные специальности [2], и в курсах прикладной теории дискретных устройств [1] для решения указанной задачи используется, помимо прочих, метод карт Карно. Как правило, в учебных целях рассматриваются карты Карно булевых функций не более чем четырех переменных. Для таких функций этот метод отличается простой формой записи и реализации, наглядностью, сравнительно легко усваивается. Но недостатком метода является его эмпирический характер. Результат решения задачи существенно зависит от опыта и наблюдательности пользователя.

В курсах дискретной математики для математических специальностей [3] предпочтение отдается геометрической постановке задачи минимизации булевых функций. В этом случае рассматриваются многомерные булевы кубы, задача решается в терминах покрытий граней многомерного куба. Использование многомерных объектов затрудняет получение решения, так как представить такие объекты на плоском чертеже достаточно сложно, тем более сложно увидеть требуемые покрытия.

В результате при освоении методов минимизации булевых функций студентами наглядные методы создают затруднения, связанные с малыми навыками применения таких методов у начинающих. Ситуация усугубляется нехваткой времени на получение требуемого опыта работы при проведении аудиторных учебных занятий.

Снизить или даже полностью исключить отмеченные затруднения позволяет алгоритмизация обработки карт Карно, которая может быть предложена на основании соображений, высказанных в [3] и [4].

В этих источниках указывается, что элементарная конъюнкция, которая может быть получена при записи ДНФ по карте Карно четырех булевых переменных, отвечает обобщенной грани четырехмерного булева куба: трехмерной грани (трехмерному кубу), двумерной грани, одномерной грани (ребру). В свою очередь, каждая клетка карты Карно взаимно однозначно соответствует вершине четырехмерного булева куба. Элементарная конъюнкция составляется из булевых координат области из двух, четырех и восьми клеток карты Карно, содержащих единицы. Следовательно, каждая такая область соответствует: кубу – область из восьми клеток, грани – область из четырех клеток, ребру – область из двух клеток. Из изображения четырехмерного куба (гиперкуба, полиедры), которое приведено в [4, 5], следует, что число кубов в гиперкубе всегда восемь, граней двадцать четыре, ребер тридцать два. Вершины кубов, входящие в эти обобщенные грани, заранее известны из чертежа карты Карно с выделенными вершинами гиперкуба и чертежа гиперкуба. Клетки карты Карно и вершины гиперкуба нумеруются стандартным образом [4]. Следовательно, обобщенные грани можно перечислить в таблице с указанием номеров клеток карты Карно, соответствующих вершинам, входящим в грань [4].

Таким образом, при обработке карты Карно достаточно последовательно проверить наличие сочетаний, заполненных единицами клеток карты, отвечающих кубам. Из не вошедших в кубы клеток проверяется наличие отвечающих граням сочетаний. Из оставшихся не включенными в кубы и грани клеток проверяется наличие сочетаний, отвечающих ребрам. При обнаружении какого-либо из указанных сочетаний клеток выписывается элементарная конъюнкция по известному правилу [1; 4].

В таком способе обработка карт Карно сводится к последовательному просмотру таблиц обобщенных граней и выбору областей, соответствующих граням на карте Карно. Такая операция значительно проще традиционного формирования областей из клеток карты, заполненных единицами (с учетом безразличных состояний). Она требует только внимательности. Тем более не требуется при решении новой задачи вновь вычерчивать булевы кубы. Незначительным отличием рассматриваемого способа от традиционного является формирование карты Карно с указанием клеток, отвечающих вершинам куба. Как уже отмечалось, такое соответствие стандартно [4]. Поэтому необходимость в такой карте не является значительным усложнением метода карт Карно.

Поэтому допустим вывод, что предлагаемый метод облегчает обработку карт Карно, особенно когда студенты сталкиваются с этой задачей впервые. Немаловажно и то, что легкость усвоения влечет за собой повышение числа успешно решающих задачи даже среди лиц со слабой математической подготовкой. Все это позволяет рекомендовать рассмотренный метод для использования в учебном процессе транспортного вуза.

Следует указать, что рассмотренный метод представляется подходящим для программной реализации на компьютере. В то время как стандартный метод карт Карно такой реализации поддается с чрезвычайными сложностями.

При реализации описанного метода может оказаться полезной запись булевых функций в цифровой форме по [4].

### Список литературы

1 Сапожников, В. В. Теория дискретных устройств систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов. – М. : УМЦ ЖДТ, 2016. – 339 с.

2 Белоусов, А. И. Дискретная математика / А. И. Белоусов, С. Б. Ткачев. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 744 с.

3 Яблонский, С. В. Введение в дискретную математику / С. В. Яблонский. – М. : Высш. шк., 2003. – 384 с.

4 Савельев, А. Я. Прикладная теория цифровых автоматов / А. Я. Савельев. – М. : Высш. шк., 1987. – 227 с.

5 Альсина, К. Многогранники / К. Альсина. – М. : Де Агостино, 2014. – 144 с.