

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ МАШИНЫ ИЗИНГА

Мамаев И.С. (ИТМО), Викторов Е.А. (ИТМО), Ковалев А.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент ИПСПД
Ковалев А.В. (ИТМО)

Введение. Рост объема и сложности вычислительных процессов во всех областях экономики и производства обуславливает появление задач оптимизации больших масштабов. В связи с этим становятся актуальными исследования и разработки эффективных методов решения данных проблем. Особенно это касается использования физических систем, которые характеризуются быстродействием и высокой энергоэффективностью. Частным примером подобной системы является оптоэлектронная машина Изинга [1]. Задача квадратичной бинарной оптимизации без ограничений, для которой в настоящее время не существует точного алгоритма решения, работающего за полиномиальное время, может быть решена в такой системе путем нахождения целевой функции в виде гамильтониана Изинга [2], минимум которого соответствует оптимальному решению. При моделировании временной динамики оптоэлектронной машины Изинга проводится сопоставление значений интенсивности света с бинарными переменными данной функции, при этом система также стремится к минимуму энергии гамильтониана, что и находит применение в решении оптимизационных задач. При тестировании физических реализаций оптоэлектронной машины Изинга были рассмотрены сравнительно простые задачи [3], поэтому возникает вопрос о применимости данного устройства к решению других задач оптимизации, не имеющих прямого отображения в матрицу взаимодействия спинов.

Основная часть. Задачи квадратичной бинарной оптимизации обладают различной сложностью, которая обусловлена характером пространства допустимых решений, зависящего от задаваемых ограничений. Частым эффектом при решении подобных задач является проблема попадания в локальные минимумы. Для анализа данной проблемы в настоящей работе используется модифицированная модель оптоэлектронной модели Изинга с источником дополнительного шума. Шум способствует выходу траектории решения из состояния локального минимума и повышению сходимости к интересующим решениям. Рассматриваются как задачи с мягкими ограничениями, так и более сложные оптимизационные задачи о рюкзаке и раскраске графа.

Выводы. Предложены и рассмотрены модификации алгоритмов решений оптимизационных задач, получаемых с использованием симуляции оптоэлектронной машины Изинга. Проанализированы решения нескольких задач вида квадратичной бинарной оптимизации без ограничений. Проведены сравнения с эвристическими алгоритмами, которые используются для решения подобных задач. Показано, что симулятор машины Изинга с дополнительными источниками шума позволяет решать сложные оптимизационные задачи с числом переменных не более 30 и с качеством решений, сопоставимых с эвристическими алгоритмами.

Список использованных источников:

1. Böhm F., Verschaffelt G., Van der Sande G. A poor man's coherent Ising machine based on opto-electronic feedback systems for solving optimization problems // Nat Commun. Nature Publishing Group, 2019. Vol. 10, № 1.
2. Lucas A. Ising formulations of many NP problems // Front Phys. 2014. Vol. 2. P. 1–14.
3. Prabhakar A. et al. Optimization with photonic wave-based annealers // Philosophical

Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. Royal Society, 2022. Vol. 381, № 2241. P. 20210409.