

УДК 519.863

DOI: 10.21209/2308-8761-2017-12-4-11-14

Анатолий Анатольевич Забелин,
кандидат физико-математических наук, доцент,
Читинский институт Байкальского государственного университета
(672000, Россия, г. Чита, ул. Анохина, 56),
e-mail: anatanza@mail.ru

Численное решение задачи минимизации финансовых затрат на освещение рабочих мест

В статье исследуется задача выбора момента начала рабочего дня, единого для всего календарного года, для минимизации суммарного годового времени пересечения тёмного времени суток и рабочего времени. Решение заключается в построении оптимизационной нелинейной модели и нахождении приближённого результата численными методами.

Ключевые слова: рабочее время, оптимизация, численная оптимизация

Постановка задачи. Известно, что продолжительность светового дня в течение года меняется: в зимний период она минимальна, в летний максимальна. Рабочее время, напротив, не меняется в течение года: его длительность определяется нормативными документами. Естественным образом возникает ситуация, когда часть рабочего времени приходится на тёмное время суток, а именно, на время до восхода солнца и после его заката. Работа в тёмное время суток требует электрического освещения рабочих мест, что приводит к финансовым расходам. Отсюда вытекает задача минимизации затрат на освещение. Не имея возможности регулировать продолжительность рабочего времени, мы можем регулировать момент начала рабочего дня. Заметим, что этот момент должен быть установлен фиксированно и не может меняться в течение года. Это следует из соображений разумности (нелогично устанавливать в течение года разное начало рабочего дня) и текущего федерального законодательства, согласно которому на протяжении календарного года не происходит перехода на летнее время и обратно [1].

Полагая финансовые затраты пропорциональными времени, можно задачу переформулировать: определить единый для всего года момент начала рабочего дня так, чтобы суммарное годовое время пересечения тёмного времени суток и рабочего времени было минимально.

Заметим, что ранее, когда применялась практика летнего и зимнего времени, в данной постановке задачу было сформулировать невозможно.

Решение. Введём некоторые параметры. Пусть $i \in \overline{1, 365}$ — номер дня в году (решим задачу для невисокосного года), x_i — момент восхода солнца в i -й день, y_i — момент заката солнца в i -й день, b — момент начала рабочего дня, d — продолжительность рабочего дня. Необходимо определить минимум функции «дефекта», вычисляющей суммарную длительность рабочего времени, приходящегося на тёмное время суток, а именно

$$\min_b \sum_{i=1}^{365} (\max\{x_i - b; 0\} + \max\{b + d - y_i; 0\}).$$

Величины x_i , y_i , b , d могут измеряться в часах, а могут быть нормированы и располагаться в пределах от 0 до 1 (как, например, это сделано в вычислительных системах, в

которых дням соответствуют целые числа, а моментам времени в течение дня — дробные числа из промежутка от 0 до 1). Величины x_i и y_i различны для разных регионов РФ. В качестве естественного примера была выбрана статистика восхода и заката солнца в 2016 году в Забайкальском крае [2].

Так как решение надо указать с точностью до минуты, можно использовать не только нелинейные оптимизационные алгоритмы, но и шаговый переборный метод поиска оптимального решения (указать диапазон значений параметра b , с шагом в одну минуту вычислить значения функции «дефекта» и выбрать из них минимальный).

Используя последний метод, положив, что $d = 9$ часов (восьмичасовой рабочий день с часовым перерывом на обед) или $d = 0.375$ в случае нормирования, и указав диапазон значений параметра b от 6 часов утра до 12 часов дня, или от точки 0.25 до 0.5 в случае нормирования, было получено, что минимум функции «дефекта» достигается, когда начало рабочего дня приходится на 08:54 утра.

Листинг программы (диалект PascalABC):

```

program optimaltime;
var t: text;
    s: string;
    a: array[1..366,1..2] of real;
    b: array[1..360,1..2] of real;
    c,min: real;
    n: integer;
begin
assign(t,'time.csv');
reset(t);
for var i:=1 to 366 do
begin
readln(t,s);
a[i,1]:=strtofloat(copy(s,1,7));
a[i,2]:=strtofloat(copy(s,9,7));
end;
close(t);
for var j:=1 to 360 do
begin
b[j,1]:=(359+j)/1440;
b[j,2]:=0;
for var i:=1 to 366 do
b[j,2]:=b[j,2]+max(a[i,1]-b[j,1],0)+max(b[j,1]+0.375-a[i,2],0);
end;
min:=b[1,2];
n:=1;
for var j:=1 to 360 do
if b[j,2]<min then
begin
n:=j;
min:=b[j,2];
end;
writeln('Оптимальный момент начала рабочего дня: ');
writeln((359+n) div 60,' ч ',(359+n) mod 60,' мин');
end.

```

Допуская, что по соображениям удобства начало рабочего дня лучше ассоциировать с началом целого часа, можно сказать, что оптимально начинать рабочий день в 09:00 утра, а заканчивать в 18:00 вечера. При этом суммарное время, попадающее на тёмное время суток, будет составлять 2.93 суток. Заметим, что если началом рабочего дня положить момент 08:00 утра, то суммарное время, попадающее на тёмное время суток, будет уже составлять 5.56 суток. Пользуясь вычисленным значением «дефекта», можно вычислять примерную оценку экономической эффективности оптимального решения по сравнению с каким-либо неоптимальным случаем. Также, взяв данные по иному региону РФ, можно получить решение, соответствующее избранной географической точке.

Список литературы

1. Федеральный закон от 30 декабря 2015 года № 453-ФЗ «О внесении изменений в статью 5 Федерального закона "Об исчислении времени"». Принят Государственной Думой 22 декабря 2015 года, одобрен Советом Федерации 25 декабря 2015 года, подписан Президентом Российской Федерации В. Путиным 30 декабря 2015 года.
2. Мировое время: [dateandtime.info](http://www.dateandtime.info) [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL://<http://www.dateandtime.info/ru/citysunrisesunset.php?id=2025339&month=12&year=2016> (дата обращения: 30.01.2017).

Статья поступила в редакцию 09.05.2017; принята к публикации 01.06.2017

Библиографическое описание статьи

Забелин А. А. Численное решение задачи минимизации финансовых затрат на освещение рабочих мест // Учёные записки Забайкальского государственного университета. Сер. Физика, математика, техника, технология. 2017. Т. 12, № 4. С. 11–14. DOI: 10.21209/2308-8761-2017-12-4-11-14.

Anatoly A. Zabelin,

Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor,

Chita Institute of Baikal State University

(56 Anokhina st., Chita, 672000, Russia),

e-mail: anatanza@mail.ru

Numerical Solution of the Problem of Minimizing Financial Costs for Lighting Workplaces

The article describes the task of selecting the moment of the beginning of the working day, unified for the whole calendar year, in order to minimize the total annual time of intersection the dark time of the day and working time. The solution consists of constructing an optimization nonlinear model and finding the approximate result by numerical methods.

Keywords: working time, optimization, numerical optimization

References

1. Federal'nyi zakon ot 30 dekabrya 2015 goda № 453-FZ "O vnesenii izmenenii v stat'yu 5 Federal'nogo zakona 'Ob ischislenii vremeni'". Prinyat Gosudarstvennoi Dumoi 22 dekabrya 2015 goda, odobren Sovetom Federatsii 25 dekabrya 2015 goda, podpisan Prezidentom Rossiiskoi Federatsii V. Putinyum 30 dekabrya 2015 goda.
2. Mirovoe vremya: [dateandtime.info](http://www.dateandtime.info) [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: URL://<http://www.dateandtime.info/ru/citysunrisesunset.php?id=2025339&month=12&year=2016> (data obrashcheniya: 30.01.2017).

Received: May 09, 2017; accepted for publication June 01, 2017

Reference to article

Zabelin A. A. Numerical Solution of the Problem of Minimizing Financial Costs for Lighting Workplaces // Scholarly Notes Of Transbaikal State University. Series Physics, Mathematics, Engineering, Technology. 2017. Vol. 12, No 4. No. 4. PP. 11–14. DOI: 10.21209/2308-8761-2017-12-4-11-14.