

УДК 528.063

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ПУНКТОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ ВИДИМОСТИ МЕЖДУ ИСХОДНЫМИ ПУНКТАМИ

Е.В. ГРИЩЕНКОВ

(Полоцкий государственный университет)

При вычислении координат одного определяемого пункта из обработки засечек методом релаксации не требуются значения начальных координат этих пунктов. При совместном поиске двух и более определяемых пунктов, когда не удается найти координаты по отдельности, применяют новую методику, заключающуюся в том, что используют сначала слепой поиск, а затем метод релаксации. Недостатком слепого поиска является, как утверждают математики, «проклятие размерности», когда невозможно получить координаты за ограниченное машинное время, например, при решении засечки пяти пунктов требуется около 200 с при тактовой частоте процессора 600 МГц. При использовании современных тахеометров ошибочно полагают, что с помощью этих приборов можно найти координаты из обработки любых геодезических построений. Однако при отсутствии видимости на два исходных пункта с одного, определяемого, и при одновременном отсутствии видимости между исходными пунктами координаты можно получить только благодаря предлагаемой методике.

Введение. Применение персональных компьютеров (ПК) в топографо-геодезическом производстве позволяет успешно решать задачу автоматизации трудоемких процессов математической обработки геодезических построений при предварительных, уравнивательных и окончательных вычислениях.

На первом этапе обработки сложной в логическом отношении задачей является вычисление предварительных координат пунктов с использованием минимума исходной информации. В настоящее время известно несколько алгоритмов, решающих данную задачу на различном уровне автоматизации обработки измерений. Объединяет эти алгоритмы общая стратегия вычислений, согласно которой координаты находят методом последовательной вставки одного или нескольких пунктов геодезической сети с применением специальных подпрограмм решения многократных или однократных засечек. Методы решения засечек различны. Их можно разделить на три группы:

- 1) вычисление координат пунктов по формулам, рассчитанным на определенные виды засечек;
- 2) решение засечек путем многократного уравнивания измерений по методу наименьших квадратов параметрическим способом с использованием дополнительной информации о начальных значениях координат определяемых пунктов, полученных заранее по карте или схеме с необходимой точностью;
- 3) методы, основанные на нелинейном программировании.

В алгоритмах программ, принадлежащих к третьей группе, рекомендуем применять слепой поиск для нахождения координат, определяемых пунктов с точностью шага регулярной сетки λ . После этого можно применить метод релаксации как наиболее простой в программировании, обладающий обширной областью сходимости и позволяющий выполнить итерации без участия человека, основываясь на координаты, полученные в слепом поиске.

Решение засечек двух определяемых пунктов по программе UNIWER. На рисунках 1 и 2 показаны геодезические засечки, рассмотренные Ганзеном. Заслуга Ганзена в том, что он дал замкнутые аналитические формулы для их решения. Наиболее общая засечка показана на рисунке 3. Для этой засечки профессор Ю.И. Маркузе [1] дал замкнутое аналитическое решение, общее для всех засечек (рис. 1 – 3). Рядом со всеми рисунками приводятся значения относительной обусловленности Ψ , первое число Тьюринга C и наибольшее значение ошибки положения пункта M .

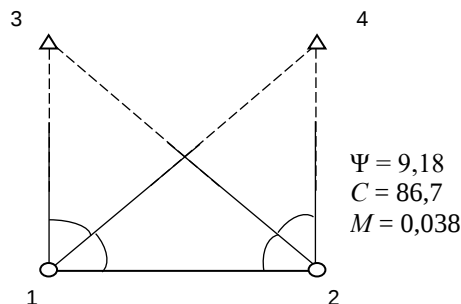


Рис. 1. Задача Ганзена

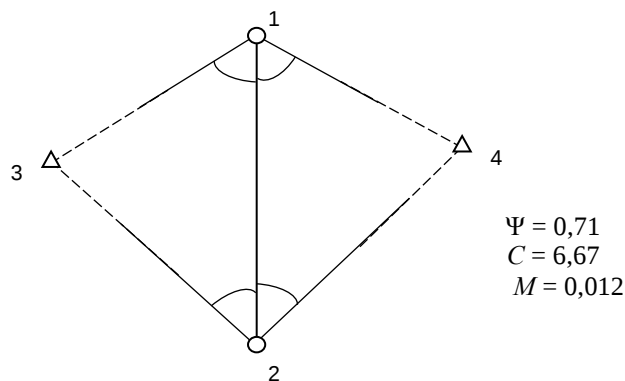


Рис. 2. Задача Ганзена

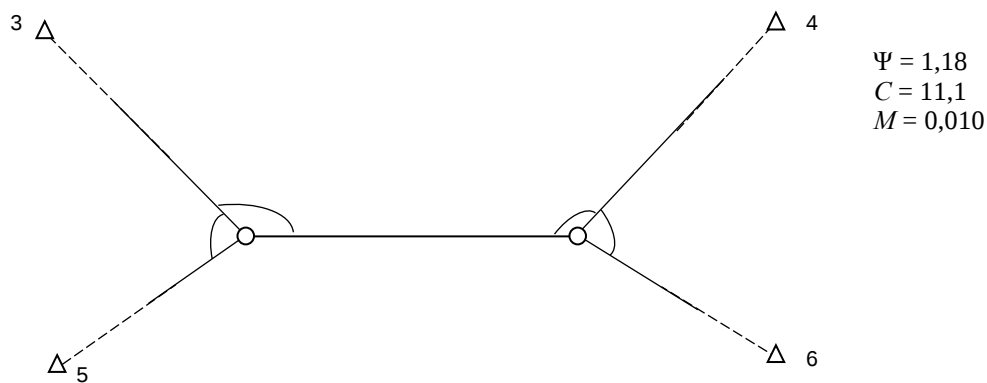


Рис. 3. Засечка двух пунктов по четырем исходным

Засечка двух пунктов по четырем исходным (рис. 4) предложена В.И. Мицкевичем в 1975 году. Найдено только численное решение, и без доказательства соответствующей теоремы утверждается, что для этого построения невозможно найти замкнутое аналитическое решение без приближений.

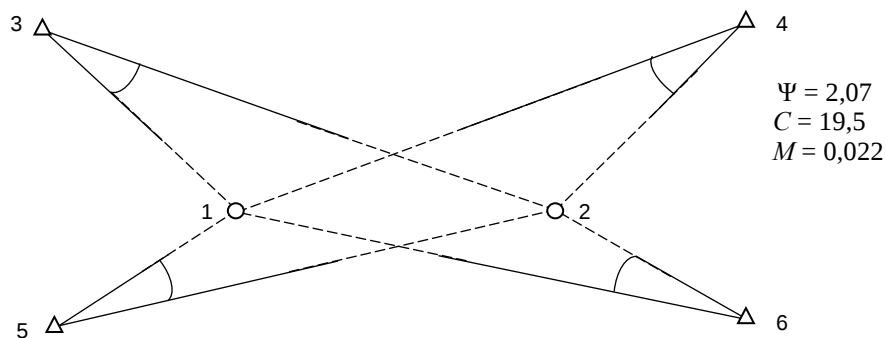


Рис. 4. Засечка В.И. Мицкевича

Отметим, что при построении засечек, показанных на рисунках 1...3, с одного определяемого пункта имеются направления на два исходных пункта. Следовательно, при использовании тахеометров благодаря измерениям линий и углов координаты определяемых пунктов могут быть найдены автоматически, без использования методов нелинейного программирования.

Решение засечек «слепым» поиском с точностью шага регулярной сетки λ , который выбирается в зависимости от числа определяемых пунктов, определим по формуле:

$$\lambda = \frac{S_{cp.}}{2,5}, \quad (1)$$

где $S_{cp.}$ – средняя длина стороны засечки.

Центр регулярной сетки, состоящий из 25 узлов, помещается в точки $x_{cp.}$, $y_{cp.}$, найденные по координатам исходных пунктов. Цель расчетов – найти такие два узла регулярной сетки, для которых целевая функция

$$\Phi(X) = \sum_{i=1}^N L^2(X) \quad (2)$$

минимальна, где $L(X)$ – свободный член нелинейного параметрического уравнения.

Далее процесс приближения выполняется методом релаксации [2, 3].

Решение засечек трех определяемых пунктов по программе UNIWER. На рисунках 5...8 показаны засечки трех определяемых пунктов, которые также решаются слепым поиском при

$$\lambda = \frac{S_{cp.}}{2}. \quad (3)$$

На компьютере с тактовой частотой 600 МГц для решения любых засечек группы потребовалась 1 с машинного времени.

Из четырех засечек только одна засечка группы пунктов (см. рис. 6) может быть автоматизированно вычислена с помощью тахеометра, так как здесь встречаются два направления с определяемого пункта на исходные.

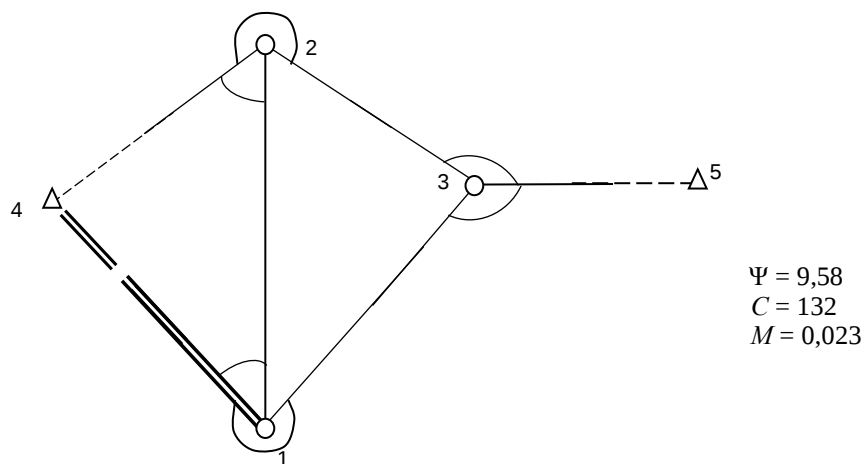


Рис. 5. Засечка трех определяемых пунктов

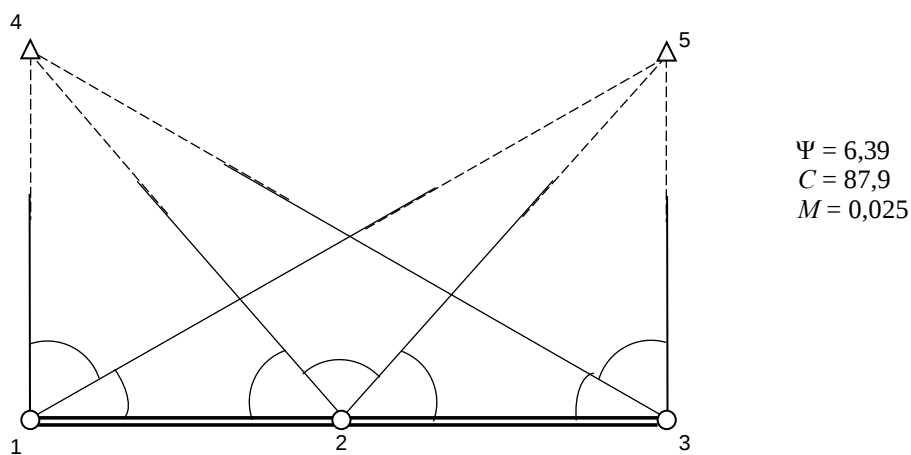


Рис. 6. Засечка трех определяемых пунктов

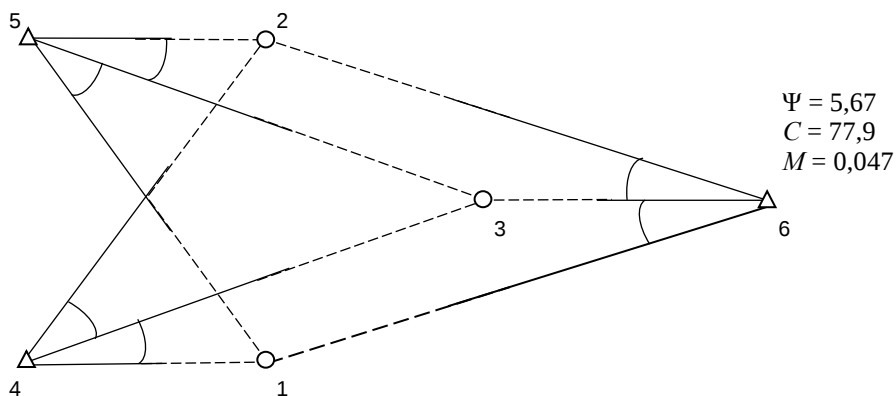


Рис. 7. Засечка Е.В. Грищенко – В.И. Мицкевича

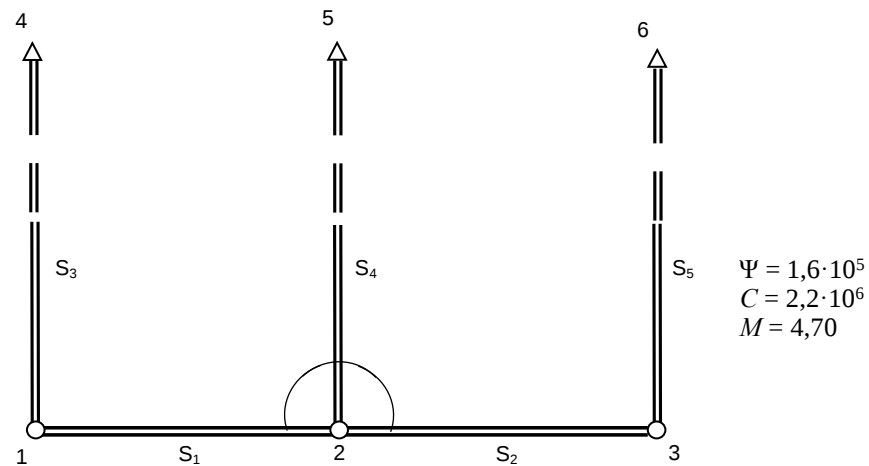


Рис. 8. Засечка Лёбеля

Решение засечки четырех пунктов по программе UNIWER. На рисунке 9 показана засечка четырех определяемых пунктов по двум исходным.

Замкнутое аналитическое решение этой засечки еще не получено. Автоматические решения возможны только методами нелинейного программирования.

Поскольку с одного определяемого пункта нет видимости на два исходных, то решить эту засечку с помощью тахеометра в настоящий момент невозможно.

Шаг регулярной сетки выбирается по формуле

$$\lambda = \frac{S_{cp.}}{1,5}. \quad (4)$$

Время счета программы UNIWER – 10 с.

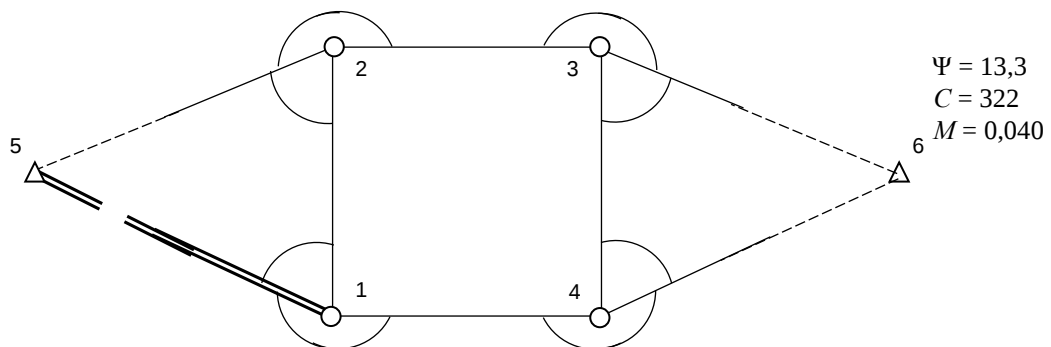


Рис. 9. Засечка четырех определяемых пунктов по двум исходным

Решение засечки пяти определяемых пунктов по двум исходным по программе UNIWER. На рисунке 10 показана засечка пяти определяемых пунктов по двум исходным.

Замкнутое аналитическое решение этой засечки еще не получено, однако слепым поиском и методом релаксации потребовалось 210 с и 3 с на ПК соответственно.

Шаг регулярной сетки выбирался автоматически по формуле:

$$\lambda = S_{cp.} \quad (5)$$

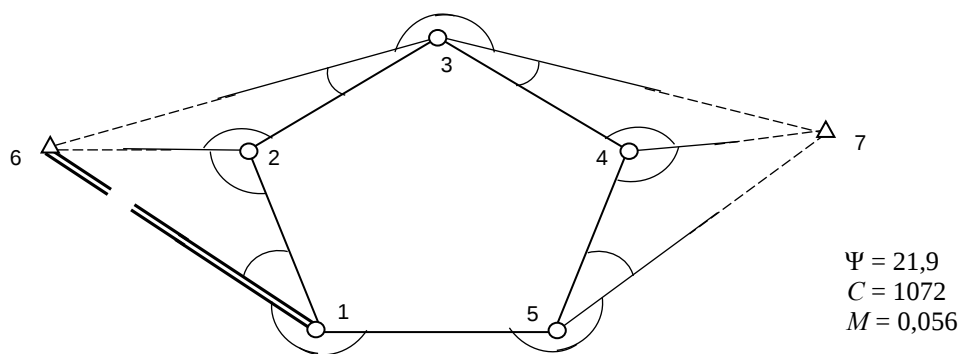


Рис. 10. Засечка пяти определяемых пунктов по двум исходным

На основании выполненных исследований можно сделать следующие **выводы**:

- 1) программа UNIVER позволяет решать любые засечки, при вычислении координат от 1 до 5 пунктов, имея только координаты исходных пунктов и результаты измерений;
- 2) засечки, показанные на рисунках 1, 2, 3, 6 и 10, тахеометр может решить, так как существует видимость с одного определяемого пункта на два исходных, до которых тахеометр определяет дальность;
- 3) засечки, показанные на рисунках 4, 5, 7, 8, 9 могут быть решены только по алгоритму, изложенному выше методами нелинейного программирования;
- 4) все засечки, показанные на рисунках 1...10, содержат минимум исходной информации и могут быть применены при построении инженерно-геодезических сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркузе, Ю.И. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей: справ. пособие / Ю.И. Маркузе, Е.Г. Бойко, В.В. Голубев. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1994. – 431 с.
2. Мицкевич, В.И. Вычисление различных видов засечек на ЭЦВМ методом сверхрелаксации / В.И. Мицкевич // Геодезия и картография. – 1974. – № 10. – С. 36 – 40.
3. Применение геодезических засечек, их обобщенные схемы и способы машинного решения / П.И. Баран [и др.]. – М.: Недра, 1986. – 166 с.

Поступила 15.10.2007