**前言**

大地電磁法(MT)最常用的資料交換格式是EDI格式(副檔名是.edi)，是目前多數大地電磁分析軟體採用的格式標準之一。EDI格式標準的定義是來自「Society of Exploration Geophysicists MT/EMAP Data Interchange Standard Revision 1.0 December 14, 1987」所制定的SEG v1.0的EDI格式標準。另外，1991年有將1987年這份文件追加說明並重新發表，內容與原本的基本相同，但提供許多註解與範例，稍微有比較好懂一點點。

但很悲傷的是，並沒有免費且開源的軟體提供讀寫及分析EDI檔案的軟體，也很少提供資料預處理軟體的計算如何搭配EDI檔案使用。多數文獻專注於改善資料預處理的方案，但常常因各種理由使用自訂的格式而非EDI格式，自訂格式也都不會像EDI格式這麼完整規範，結果造成普通的使用者還是較依賴支援EDI格式的商用軟體。商用軟體最大的弊病就是隱藏了許多關鍵的計算技術，這保護了商業利益，但也造成許多使用者在錯誤的觀念下進行不正確的分析，也一定程度阻礙了分析方法的進步。

我所知道的商用軟體包含SSMT2000、MTEditor、WinGLink、EMPower、3D-Grid等軟體都支援EDI格式。一個免費開源的程式mtpy也號稱有支援edi格式(目前2023/08/30，穩定版為v1.0，預發佈版本為v2.0)，但是他讀取EDI後輸出的資料與商用軟體還是有點不一樣。

美國地質學會的學者「Anna Kelbert」在2020年發表了「EMTF XML: New data interchange format and conversion tools for electromagnetic transfer functions」一文，文章中提出了新一代的大地電磁法建議通用交換格式(副檔名.xml)。XML(可延伸標記式語言)是一種成熟且易用的語言，廣泛用來作為跨平台之間互動數據的形式，例如，常用在詮釋資料(metadata)。該文章同樣描述了如何進行一些基礎的EDI格式讀寫、資料預處理的分析、以及提供明確的新交換格式的規範，使得資料更容易的被歸檔及資料庫搜索。另外，作者提供了免費開源的工具進行EDI檔、J檔、Z檔等多種不同分析軟體的格式轉換至XML的工具「EMTF FCU」(目前2023/08/30，程式碼標註版本為v4.1，說明標註版本為v4.0)。若有其他必要的詮釋資料可以自行填充至XML中。在部分狀況下也支援逆向轉換，但因為只有XML擁有最完整的詮釋資料，轉換為其他格式將會損失資訊。但這程式是用fortran 90寫的，用起來有點不太友善。

感謝「Anna Kelbert」的文章及提供的開源程式碼，我就利用這程式碼回頭破解一下EDI格式與預處理的關係是怎麼回事。

**方程式符號慣例**

|  |
| --- |
| 大寫粗體英文字: 矩陣  小寫粗體英文字: 矩陣  斜體英數字: 變數  斜體小寫i要留給複數使用。  正體英數字: 常數 |

**複數運算與程式中定義**

|  |
| --- |
| 共軛複數 |

**矩陣定義與運算**

身為一個軟體工程師，早就忘記數學是怎麼一回事了，回頭整理一下相關的數學工具。

|  |
| --- |
| <1x1>矩陣範例: |
| <2x1>矩陣範例: |
| <2x2>矩陣範例: |
| <3x2>矩陣範例: |
| <2x1><1x2>矩陣運算-矩陣乘法: |
| <2x2><2x1>矩陣運算-矩陣乘法: |
| <2x2><2x2>矩陣運算-矩陣乘法: |
| <2x2>矩陣運算-反矩陣: |

|  |
| --- |
| 矩陣運算-複共軛轉置(complex conjugate transpose)或稱埃爾米特轉置(Hermitian transpose): |
| <1x2>矩陣運算-複共軛轉置(complex conjugate transpose)或稱埃爾米特轉置(Hermitian transpose): |
| <2x1>矩陣運算-複共軛轉置(complex conjugate transpose)或稱埃爾米特轉置(Hermitian transpose): |
| <2x2>矩陣運算-複共軛轉置(complex conjugate transpose)或稱埃爾米特轉置(Hermitian transpose): |
| 單位矩陣乘法:  簡化描述下，單位矩陣自己會配合相乘的矩陣，所以:  簡化常看到的寫法: |

**線性回歸問題**

根據Anna Kelbert(2020)，整理一下線性回歸問題的相關公式。

|  |
| --- |
| 常用簡單線性問題的符號表示下，線性回歸問題:  已知: 、  未知:  誤差:  公式解:  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):  P矩陣:  此時，為投影矩陣，重要性質: 及  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix)整理: |
| 以MT的符號表示下，單站估算法問題:  已知: 、  未知:  誤差:  公式解:  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):  P矩陣:  此時，為投影矩陣，重要性質: 及  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix)整理:    利用為投影矩陣改寫:    把P矩陣換掉:        注意: 與文章的公式28不同，我覺得文章寫錯。 |
| 以MT的符號表示下，遠端站參考估算法問題:  已知: 、**、**  未知:  誤差:  公式解:  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):  P矩陣:  此時，非投影矩陣，不過  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix)整理:                  把P矩陣換掉:          注意: 與文章的公式31相同。故意括號起來是因為這些內容可以從EDI檔案中取得。  注意: 文章建議遠端參考估算法只要把用取代，也等同是處理單站估算法。為了能同時處理兩個方法，我們可以只將遠端參考站的公式轉換為程式碼，缺點是將會浪費些許對現代個人電腦來說微不足道的計算資源。 |

**實際搭配SpectraEdi運算**

|  |
| --- |
| **大地電磁法主要的三個關係式:**  …(1)  …(2)  …(3)  **一次只看一個關係式，這裡取用關係式:**    **n次獨立觀測可產生下列關係式:**  … (1)  … (2)  … (3)  **…**  … (n)  **整理成矩陣形式<nx1>=<nx2><2x1>+<nx1>:**    **套用到遠端站估算法問題**:  線性回歸模型:  已知: 、**、**  未知:  誤差:  求未知:  公式解:  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):    **探討自功率譜矩陣資料與互功率譜矩陣資料:**  計算要用到的8個矩陣: 、、、、、、、，數量不算太多，逐個探討。  第1個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:          重新整理第1個矩陣:    第2個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:          重新整理第2個矩陣:    第3個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:          重新整理第3個矩陣:    第4個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:      重新整理第4個矩陣:    第5個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:    重新整理第5個矩陣:    第6個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:      重新整理第6個矩陣:    第7個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:      重新整理第7個矩陣:    第8個矩陣:        定義比較好讀的中括號符號:          重新整理第8個矩陣:    將8個矩陣都以中括號整理:  #1:  #2:  #3:  #4:  #5:  #6:  #7:  #8:  **用8個矩陣資料進行計算:**  求未知:            最終元素計算:    順便算一下另一個後面需要的矩陣:  **=**  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):                  最終元素計算:      殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):                      最終元素計算:      **計算對應EDI檔案中的ZXXR、ZXXI、ZXX.VAR、ZXYR、ZXYI、ZXY.VAR**  已求得: 、、  從程式碼中推測: |
| **大地電磁法主要的三個關係式:**  …(1)  …(2)  …(3)  **一次只看前兩個關係式，這裡取用關係式:**      **n次獨立觀測可產生下列關係式:**  … (1)  … (2)  … (3)  **…**  … (n)  **整理成矩陣形式<nx2>=<nx2><2x2>+<nx2>:**    **套用到遠端站估算法問題**:  線性回歸模型:  已知: 、**、**  未知:  誤差:  求未知:  公式解:  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):    **探討自功率譜矩陣資料與互功率譜矩陣資料:**  計算要用到的8個矩陣: 、、、、、、、  將8個矩陣都以中括號整理:  #1:  #2:  #3:  #4:  #5:  #6:  #7:  #8:  **用8個矩陣資料進行計算:**  求未知:      順便算一下另一個後面需要的矩陣:  **=**  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):      殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):      **計算對應EDI檔案中的ZXXR、ZXXI、ZXX.VAR、ZXYR、ZXYI、ZXY.VAR、ZYXR、ZYXI、ZYX.VAR、ZYYR、ZYYI、ZYY.VAR**  已求得: 、、  從程式碼中推測: |
| **大地電磁法主要的三個關係式:**  …(1)  …(2)  …(3)  **一次看三個關係式，這裡取用關係式:**        **n次獨立觀測可產生下列關係式:**  … (1)  … (2)  … (3)  **…**  … (n)  **整理成矩陣形式<nx3>=<nx2><2x1>+<nx3>:**    **套用到遠端站估算法問題**:  線性回歸模型:  已知: 、**、**  未知:  誤差:  求未知:  公式解:  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):  殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):    **探討自功率譜矩陣資料與互功率譜矩陣資料:**  計算要用到的8個矩陣: 、、、、、、、  將8個矩陣都以中括號整理:  #1:  #2:  #3:  #4:  #5:  #6:  #7:  #8:  **用8個矩陣資料進行計算:**  求未知:      順便算一下另一個後面需要的矩陣:  **=**  逆訊號功率矩陣(inverse signal power matrix):      殘差值的共變異數矩陣(residual covariance matrix):      **計算對應EDI檔案中的ZXXR、ZXXI、ZXX.VAR、ZXYR、ZXYI、ZXY.VAR、ZYXR、ZYXI、ZYX.VAR、ZYYR、ZYYI、ZYY.VAR**  已求得: 、、  從程式碼中推測: |