IMMC 2019 中华赛 D 题（冬季赛）　　（简体 繁體 English）

空气污染源的定位和治理

随着人类工业和社会活动的日益增加，细颗粒物 PM2.5 等空气污染物造成了大气灰霾，因而空气污染治理形势变得日益严峻。为了有效监管大气污染物的排放，某城市请您的团队协助环保部门定位空气污染源的排放地点，并就空气污染治理政策提出建议。

为了定位方便，我们可以将某城市的布局用一个 101×101 的矩阵进行网格化表示（每个网格单位长度为 1 千米）。你团队从环保部门得知一共有 3 个相互独立的污染源排放大气污染物，并且可以假设污染物在大气中扩散的时候温度和湿度等天气因素都保持不变。

问题 1： 在无风的条件下，在污染源排放 100 小时环保部门所检测到的大气污染物分布情况如图 D.1 所示。与城市布局网格对应的具体污染物数值由所附 Excel 文件 D01.xlsx 给出（数值表示多少个浓度单位）。请建立相应的数学模型对 3 个空气污染源进行定位。
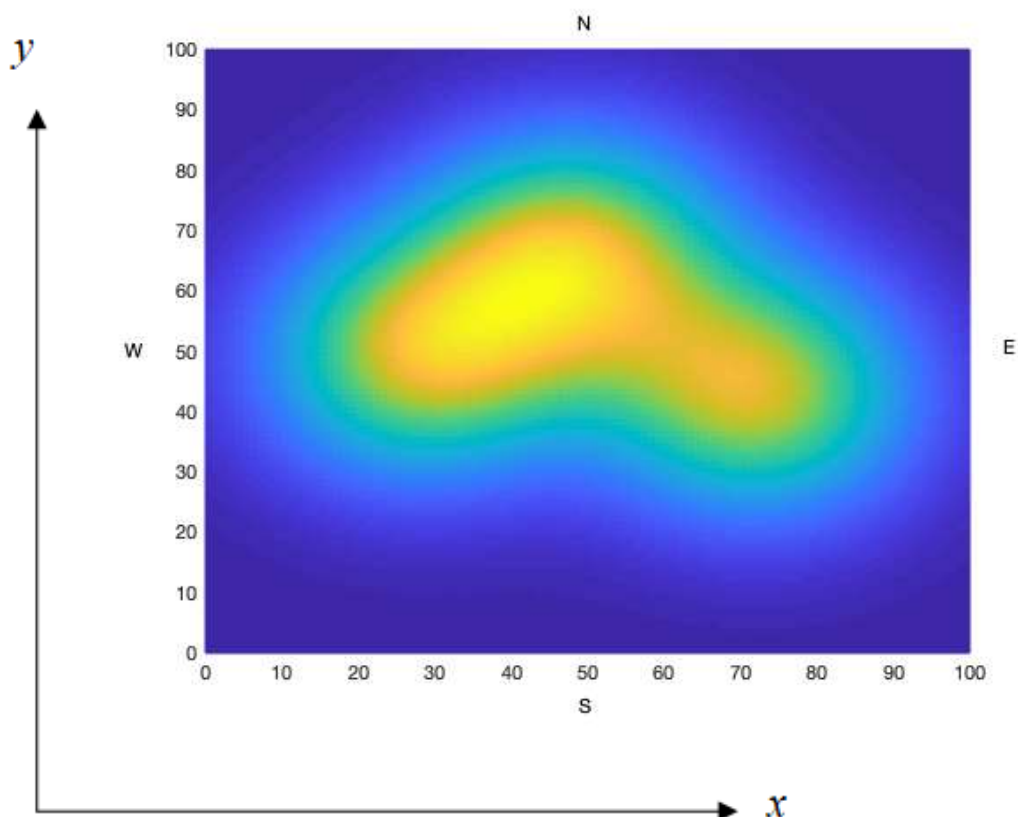

图 D.1

问题 2： 大气污染物在排放过程中通常也会受到风力影响。在问题 1 的基础上，假定风力因素不影响污染源排放而只对污染物的扩散产生漂移作用，假设 v 为风速，t_v 为风速影响

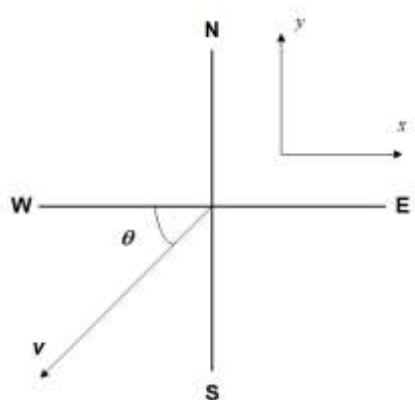的时间（单位：小时），θ 为风向的角度（例如图 D.2 所示的风向角一般表示为西偏南 θ 角度）。

图 D.2

请在问题 1 的建模基础上写出在风力影响下的大气污染物扩散方程，并计算 3 个污染源共排放 150 小时，并且受到风速为 0.2 千米/小时的西南风（风向：西偏南 30 度）持续 40 小时的影响下的污染物数值表（请在 Excel 表格 D02.xlsx 填写对应的数值，结果保留小数点后两位）。

问题 3： 为了改善人居环境，城市环保部门利用有限财力，制定本地区空气首要污染物的减排治污可行性规划。环保部门计划通过 5 年治理减少大气污染物共 245 个浓度单位，每年投入的经费由综合治理费用和专项治理费用两部分组成。据估算，每减少一个大气污染物单位，当年需投入一个综合治理费用单位（每单位以百万元计），专项治理费用是当年减少的大气污染物浓度平方的 0.005 倍（单位：百万元）。考虑到政府在第五年末还需支付相应的银行贷款利息（假设 5 年期的贷款年利率为 6.4%），请在计算政府部门 5 年投入的最少总费用的基础上给出你的减排治污财政政策建议，在你的政策意见中，列出每年的投入预算和每年的大气污染物浓度治理指标。

提交： 您的团队提交的论文应包含 1 页"总结摘要"，其正文不可超过 20 页（总页数限于 21 页以内）。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 21 页之限。问题 2 计算所得污染物数值表也要一并与论文打包以压缩文件形式提交。

空氣污染源的定位和治理

　　隨著人類工業和社會活動的日益增加，細顆粒物 PM2.5 等空氣污染物造成了大氣灰霾，因而空氣污染治理形勢變得日益嚴峻。為了有效監管大氣污染物的排放，某城市請您的團隊協助環保部門定位空氣污染源的排放地點，並就空氣污染治理政策提出建議。

　　為了定位方便, 我們可以將某城市的佈局用一個 101×101 的矩陣進行網格化表示（每個網格單位長度為 1 千米）。你團隊從環保部門得知一共有 3 個相互獨立的污染源排放大氣污染物，並且可以假設污染物在大氣中擴散的時候溫度和濕度等天氣因素都保持不變。

問題 1：在無風的條件下，在污染源排放 100 小時環保部門所檢測到的大氣污染物分佈情況如圖 D.1 所示。與城市佈局網格對應的具體污染物數值由所附 Excel 文件 D01.xlsx 給出（數值表示多少個濃度單位）。請建立相應的數學模型對 3 個空氣污染源進行定位。
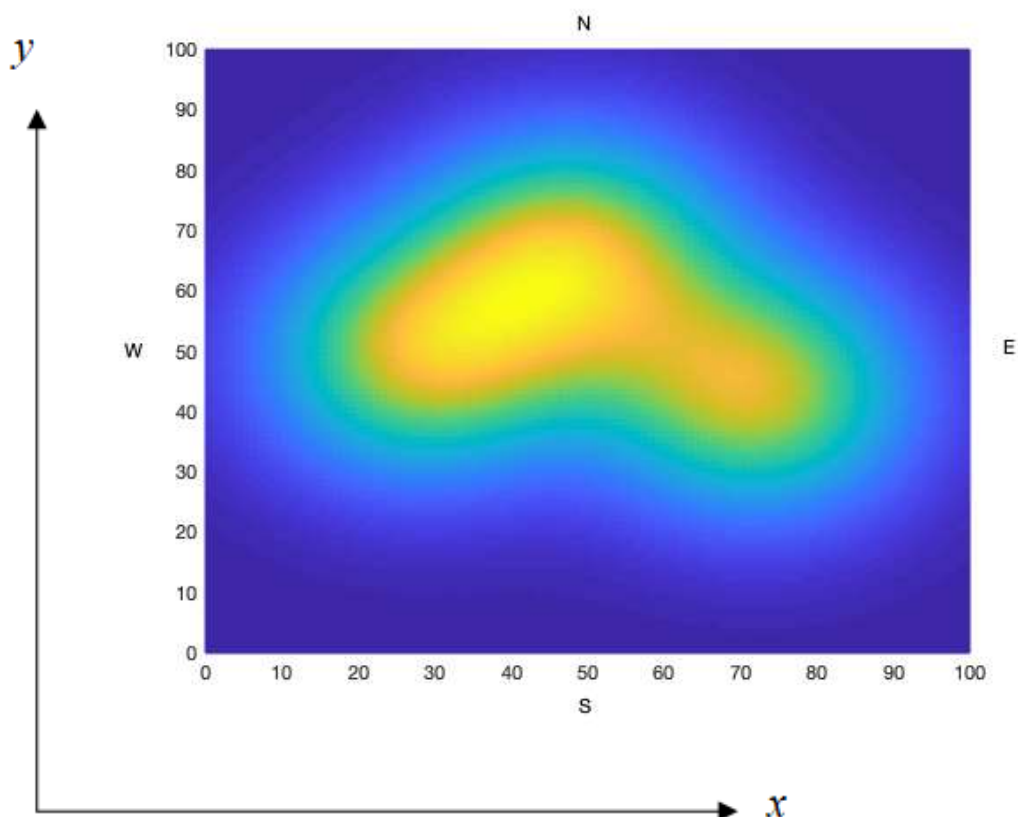

图 D. 1

問題 2：大氣污染物在排放過程中通常也會受到風力影響。在問題 1 的基礎上，假定風力因素不影響污染源排放而只對污染物的擴散產生漂移作用，假設 v 為風速，t_v 為風速影響

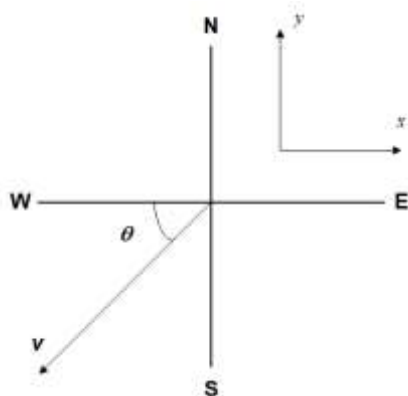的時間（單位：小時），θ 為風向的角度（例如圖 D.2 所示的風向角一般表示為西偏南 θ 角度）。

图 D.2

請在問題 1 的建模基礎上寫出在風力影響下的大氣污染物擴散方程，併計算 3 個污染源共排放 150 小時，並且受到風速為 0.2 千米/小時的西南風（風向：西偏南 30 度）持續 40 小時的影響下的污染物數值表（請在 Excel 表格 D02.xlsx 填寫對應的數值，結果保留小數點後兩位）。

問題 3：為了改善人居環境，城市環保部門利用有限財力，制定本地區空氣首要污染物的減排治污可行性規劃。環保部門計劃通過 5 年治理減少大氣污染物共 245 個濃度單位，每年投入的經費由綜合治理費用和專項治理費用兩部分組成。據估算，每減少一個大氣污染物單位，當年需投入一個綜合治理費用單位（每單位以百萬元計），專項治理費用是當年減少的大氣污染物濃度平方的 0.005 倍（單位：百萬元）。考慮到政府在第五年末還需支付相應的銀行貸款利息（假設 5 年期的貸款年利率為 6.4%），請在計算政府部門 5 年投入的最少總費用的基礎上給出你的減排治污財政政策建議，在你的政策意見中，請列出每年的投入預算和每年的大氣污染物濃度治理指標。

提交：您的團隊提交的論文應包含 1 頁 "總結摘要"，其正文不可超過 20 頁（總頁數限於 21 頁以內）。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 21 頁之限。問題 2 計算所得污染物數值表也要一併與論文打包以壓縮文件形式提交。

Positioning and Treatment of Air Pollution Sources

With the intensively increasing of human industrial and social activities, air pollutants such as fine particulate matter PM2.5 have caused atmospheric haze, and the situation of air pollution control has become increasingly severe. In order to make effective efforts to monitor and control the emission of atmospheric pollutants, a city asks your team to assist its environmental protection agency to locate the air pollution sources and make recommendations on the air pollution control policy.

For the convenience of positioning, we can grid the layout of a city with a matrix of 101×101 (each grid unit length is 1 km). Your team learned from the environmental agency that there are three separate sources that emit atmospheric pollutants, assuming that weather factors such as temperature and humidity remain unchanged when the pollutants diffuse in the atmosphere.

Question 1: Under the condition of no wind, the distribution of atmospheric pollutants detected by the environmental agency within 100 hours of emission by the pollution sources is shown in **Figure D.1**. The specific values of pollutants corresponding to the city layout grid are given by the Excel file *D01.xlsx*. (The value indicates the number of concentration units.) Correspondingly, please build a mathematical model to position the three sources of air pollution.
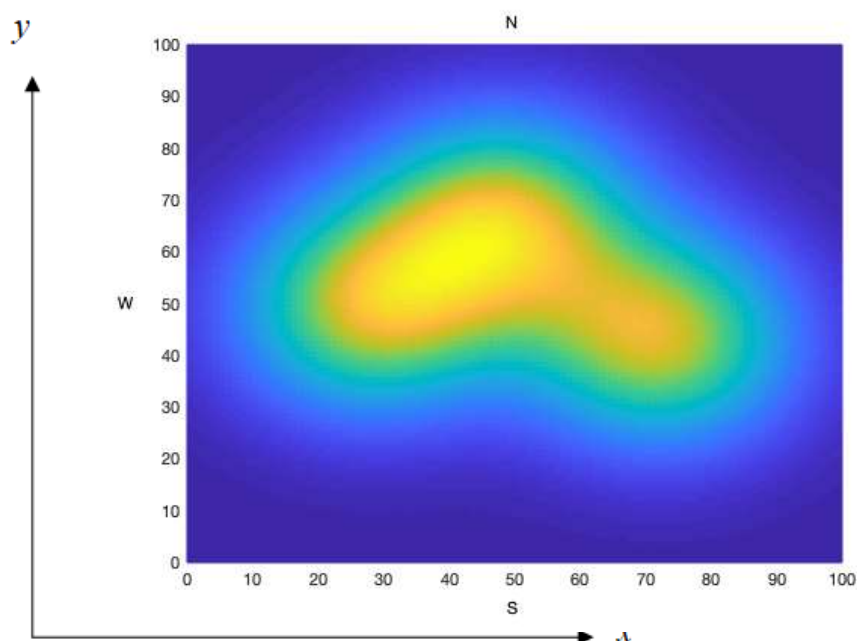

Figure D.1

Question 2: Atmospheric pollutants are also often affected by wind during emission. On the basis of Question 1, it is assumed that the wind factor does not affect the discharge of the pollution by the sources and only drifts the diffusion of the pollutants; at the same time, it is assumed that v is the wind velocity, t_v is the time affected by the wind velocity (unit: hour), and θ is the angle of

the direction of wind (for example, the wind direction angle is shown in **Figure D.2** is generally expressed as the west-south angle, θ.
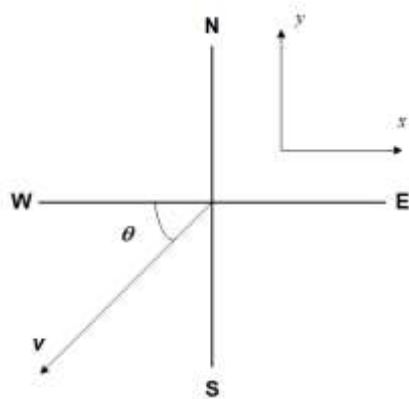

Figure D.2

On the basis of your model for Quetion 1, please formulate the equation of the diffusion of the atmospheric pollutants under the influence of wind, and compute the values of pollutants by the three sources of pollution lasting for 150 hours under the southwestern wind with the velocity of 0.2 km / hour (wind direction: west to south 30 degrees) blowing for 40 hours. (Please fill the values of pollutants into the spreadsheet of Excel file **D02.xlsx**, rounded to two decimal places.)

Question 3: In order to improve the living environment, the environmental agency uses the limited fund to make the city's feasibility plan for emission reduction and pollution control of the primary pollutants. It plans to reduce 245 units of concentration of atmospheric pollutants through its five-year plan control and treatment; the annual budget for treatment is composed of two parts: comprehensive treatment expenses and special treatment expenses.

It is estimated that for every unit of concentration reduction of atmospheric pollutants, it needs one unit of expenses for the comprehensive treatment (one million Yuan per unit of expenses) in the current year; whereas the expenses for special treatment (unit: million Yuan) is 0.005 times the square of the concentration of atmospheric pollutants reduced in the current year. Considering that the government still needs to pay the corresponding interest of bank loan at the end of the fifth year, assuming that the interest rate of the 5-year loan is 6.4%), please make fiscal policy recommendation for the 5-year plan of air pollution control and treatment on the basis of your calculation of the minimum total expenses by the government agency. In your policy suggestion, please give the annual budget and annual objection indicator of air pollution reduction.

Submission: Your solution paper should include a 1-page Summary Sheet. The body cannot exceed 20 pages for a maximum of 21 pages with the Summary Sheet inclusive. The appendices and references should appear at the end of the paper and do not count towards the 21 pages limit. Please submit the spreadsheet of the computing results of Question 2 together with the solution paper in the zipped file.