DOI: 10.6277/TER.2014.423.3

不完全訊息下受歧視的少數族群分佈之分析

王婉如・莊委桐*

在多元種族的國家裡, 族群群聚是很普遍的現象。一個簡單的解釋是人先天偏愛同類者, 然而, 這個說法並非爲造成群聚的必要條件。本文說明即便多數族群僅根據少數族群的犯罪率高低決定歧視與否, 而非根據外表差異, 少數族群仍舊傾向聚集。就算各族群的犯罪率皆相同, 在資訊不完全下, 多數族群仍可能因誤判而歧視少數族群, 而造成這種誤判的原因乃是因爲樣本統計誤差所致。因此, 少數族群適度群聚能減低被歧視的機率, 從而形成特定的人口分佈型態。最後, 文中也探討其他相關參數如何影響聚集的程度, 並用模擬的方式驗證。

關鍵詞: 不完全訊息, 網路, 歧視, 群聚
JEL 分類代號: C62, D85, J15

1 前言

少數族群如何選擇居住地區, 並且呈現何種分佈型態, 是研究社會多元組成結構的重要議題之一。本文嘗試建立一個少數族群的遷移模型, 來分析社會上對少數族群的歧視如何影響其群聚現象, 以及長期下可能的穩定分佈型態。

在人際網絡中, 很容易觀察到人的交友行爲並非隨機擇友人, 而是傾向與自己特質相似的人交往, 這種同類相聚的現象無論是在種族、宗教、年齡、性別、職業或教育程度上均可觀察到。若將視野從人的擇友行爲放到人選擇居所的行爲上, 也不難發現類似的特性。

*作者分別爲國立台灣大學經濟系碩士與中央研究院經濟所副研究員。

臺灣大學學術期刊資料庫

以人種爲例, 各色人種並非隨機散居於各地, 而有較高的機率與同色人種居住在鄰近地區, 這個現象一方面是因爲國家的構築很高度的區分了各民族, 但即便是同一個國家的各色人種也有此現象。以美國各色人種的分佈爲例, 根據2010年美國人口普查可以發現,[1] 以相對比例看來, 華裔美國人主要居住的城市爲舊金山 (加利福尼亞州)、檀香山 (夏威夷)、奧克蘭 (加利福尼亞州); 而非裔美國人多居住於美國東南部, 以相對比例來看, 非裔美國人比例較高的州爲密西西比州、路易斯安那州、喬治亞州、馬里蘭州、南卡羅來納州等州, 細看主要居住地區的分佈狀況, 又常以某中心爲人數高點, 人數向外慢慢減少的情形。

會形成各人種在美國呈現此種居住分佈的成因很多, 可能是人會偏愛同種族者, 可能是歷史因素, 也可能是同種人的經濟條件類似, 適合居住的區域因而類似等等。Schelling (1971) and Schelling (1978) 曾經討論過此類種族居住的隔離現象, Schelling 設計的模型爲一個環型相連的 n 處可居住地點, 每個地點只能住一人, 裡面有兩類居民, 在效用設計上, 若某人的鄰居至少有一個與自己是同類型, 則此人便滿意這個居住地點, 但若此人夾居在兩個不同類中間, 則會不滿意該居住地點。每個人皆會想透過搬遷來提高效用, 假若兩個人透過搬遷能使效用皆上升, 即可互換位置, 直到不存在兩個人皆能透過互換提高效用即達到均衡。由該模型設計可看出, 人某種程度上願意與其他類型者同住, 只要不是鄰居皆是異類者便可接受, 但即便如此, 最後兩類型仍不會交錯混雜住在一起, 而會發生各類型隔離和同類型群居的現象。

Schelling 的模型設計中, 雖然已經降低人對異類型的排斥, 能夠接受與類型相異的人做鄰居, 但仍舊不願意居住在鄰居全爲類型相異的地點, 由此可見這樣的設計下, 雖然不見得強烈, 但還是保留著人天生偏愛與同類的特質。因此, 本文試著將人天生偏愛同類型的假設拿掉, 嘗試從歧視行爲著眼, 說明即便人不先天偏愛或排斥其他類型, 仍可能產生同類型的群聚的現象。根據 Akerlof 的 Identity economics, 在經濟學的議題上, 身分是一項重要因素。一旦可以透過外表辨識及歸類, 行爲和決策很難不受身分影響, 不同的對待從而產生。因此, 本文以種族的身分歸類和歧視切入。

[1]詳見以下網址 http://www.census.gov/2010census/data/。

臺灣大學學術期刊資料庫

想像社會中有兩個族群, 兩族群在外觀上有極大的差異, 可輕易辨識。在人數上也有極大的差異, 一類族群爲構成社會人口的主要族群, 其族群人數佔社會總人口的大多數, 以下稱之爲多數族群; 而另一類族群僅占社會人口的少數, 以下稱之爲少數族群。假定多數族群因享有人數優勢, 即便受少數族群歧視也不產生負效用, 但少數族群在生活中會無法避免會遇到多數族群, 因此遭到多數族群歧視時會產生很大的負效用。因此本文主要以少數族群爲討論對象, 而不太討多數族群的分佈狀態。並且, 多數族群在文中扮演的角色只是形成城市對少數族群的觀感和態度, 所以多數族群的多寡和分佈結構並不影響結果, 因此忽略此項。

許多研究皆顯示, 一旦歧視存在, 被歧視者的生活會有極大不便。例如, 在受教育上, 根據 Grant (1988), 學校老師在課堂上可能對非裔美國人相對刁難。在求職過程中, 根據 Bertrand and Mullainathan (2003), 履歷中, 求職者若爲常見的白人名子得到面試的機率高於常見的非裔美國人名字。根據 Pager (2003), 企業在提供工作機會時, 在應徵者的背景資料大致相同下, 一位具有犯罪前科 (非暴力) 的白人比一位無犯罪前科的非裔美國人更有機會得到工作。在實際工作上, 根據 Lang and Manove (2011), 給定相同教育投資下, 出社會後非裔美國人薪資會比白人低。根據 Coate and Loury (1993), 若雇主有先入爲主的歧視, 認定受雇者的能力不好, 不值得付高薪, 則這樣的歧視不論是否爲真, 受雇者會沒有誘因表現, 最終被歧視者工作績效會低落, 薪資也同樣只能維持低落。在購車上, 根據 Ayres and Siegelman (1995), 非裔美國人在購買一台新車時得到的報價比白人要高上超過1,000美元。住宅上, 在希臘 Drydakis (2011), 在斯德哥爾摩 Bengtssona, Ivermana, and Hinnerich (2012), 在挪威 Andersson, Jakobsson, and Kotsadam (2012) 等各地有許多例子會對歧視移民或某些特定族群。在婚姻上, 根據 Voigtlander and Voth (2013), 在德國, 血統越純正的猶太人越不太可能出現跨族群的婚姻。因此, 若存在歧視, 受歧視者在該城市的種種生活不易, 都可能促使遭受歧視的少數族群想要移居的動機。

歧視的成因很多, 例如針對特定族群的成員, 僅僅因其身份或歸類, 給予不同對待。在本文中, 我們假設的是社會因爲缺乏資訊, 使至認知錯誤所衍生的歧視。本文假設多數族群並不會先入爲主的歧視少數族群, 只是

臺灣大學學術期刊資料庫

因爲訊息的不完全, 僅能根據所有能觀察到的資料判斷少數族群的屬性。唯有當數據顯示出少數族群行爲不良時, 才會歧視少數族群。然而在假設中, 受歧視族群本與常人無異, 但因隨機性和網路連接不全面 (文中同樣以環狀爲例), 即便多數族群不會隨意歧視, 還是可能因爲樣本的變異性而判斷錯誤。此時, 受歧視族群可以透過群聚增加鄰近社區的資訊量, 進而改變社區的態度降低自己被歧視的機率, 由此產生聚集現象, 最後並以模擬的方式探討重要參數如何影響受歧視族群的聚集程度。

而本文的設計與 Schelling 的模型設計上較爲不同的有幾點, 第一點, Schelling 的模型中效用取決於是否至少存在一個同類者。而本文的模型設計中人只能和居於同座城市的人交流, 該城市中是否有同類並不影響效用, 而是自己是否受到歧視才會影響效用。

第二點, 本文雖然也將人分爲兩種類型, 但兩者在社會地位上並不對等, 一類爲多數一類爲少數, 多數族群可以避免與少數族群交流, 即便受歧視, 也無損於效用, 無須搬遷。然少數族群無法避免接觸到多數族群, 因此受歧視時才會想要搬遷, 所以本文不著重於討論兩族群居住的分離情形, 只專注討論少數族群是否群聚。

第三點, 本文的居住地是以城市爲單位, 裡面能容納不只一個人, 因此少數族群的搬遷限制並非要找到願意交換的人, 而是取決於自己所居城市的態度和想搬入的城市態度。此外, 因爲各城市能容納許多個體, 因此本文可以討論各城市內的少數族群群聚程度的高低。

2 模型

2.1 模型設定

假定存在一個社會, 該社會的住所由一群城市集合 $N = \{1, 2, \cdots, n\}$ 所構築, 表示該社會有 n 座可供居住的城市。城市的連接結構以連結矩陣以 $A = \{a_{ij}\}_{n\times n}$ 表示。若 $a_{ij} = a_{ji} = 1$ 且 $i \neq j$ 表示第 i 個城市和第 j 個城市有直接連結; 若 $a_{ij} = a_{ji} = 0$ 且 $i \neq j$ 表示第 i 個城市和第 j 個城市沒有直接連結。並且令 $a_{ii} = 0$。若兩座城市間有直接連結, 則能互相觀察到該城市內所有居民的行爲; 反之, 城市間無直接連結, 則無法觀察到任何資訊。假定城市連結的方式爲環狀且不隨時間經過而改變, 意即連

臺灣大學學術期刊資料庫

結矩陣 $A = \{a_{ij}\}_{n\times n}$, 裡面 $a_{i,i+1} = a_{i,i-1} = 1$, 且 $a_{n1} = a_{1n} = 1$, 其餘元素爲0。令 $d_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}$ 表示第 i 個城市的連結數, 則在環狀假設下, $d_i = 2$ 恆成立。令 g_i 爲跟第 i 個城市有直接連結的城市之集合, 則在環狀假設下, 當 $i \in \{2, 3, \cdots, n-1\}$ 時, $g_i = \{i-1, i+1\}$, 且 $g_1 = \{2, n\}$, $g_n = \{1, n-1\}$。

該社會的人口由兩種族群所組成。此二族群在外觀上有顯著差異, 可輕易區分, 但在行爲本質上卻無任何不同。兩類人皆會從事犯罪行爲, 且每個人在一段期間內的犯罪機率皆爲一獨立機率 p。然而各族群皆僅知道自己族群的真實犯罪率, 無從得知異族群整體的犯罪率。因此, 對於異族群的認知只能透過觀測周邊城市異族群的行爲, 並藉由該犯罪數據判斷異族群是否爲高犯罪族群。

接著, 根據觀察到的數據, 個人會決定看待異族群的態度, 城市中多數人的態度會決定該城市的態度。在此, 我們假設多數族群的個人皆爲同質, 只要觀察到的資訊相同, 便會對少數族群有相同的態度, 因此可忽略多數族群的人口分佈, 直接用城市的態度簡化取代多數人口的態度。

社會中的各個城市皆對觀察到的少數族群犯罪率有一定的包容性, 其能容忍的犯罪率臨界值爲 q。各城市藉著觀察當期少數族群的實際犯罪率, 比較觀察到的犯罪率是否超過能容忍的數值 q, 若該城市觀察到的犯罪率過高能容忍的數值 q, 則會認定少數族群爲高犯罪族群, 進而歧視少數族群, 反之, 若沒有超過容忍的臨界值 q, 少數族群則會被認爲與一般人無異, 該城市在當期將不歧視居住於內部的少數族群。

另外, 各城市僅以當期觀察到的少數族群的犯罪率高低來決定歧視與否, 因爲決定態度的參考數據只有當期, 因此態度會隨每其看到的資料不同而改變。且各城市因連結的城市不同, 所觀測到的資訊亦會不同, 因此每個城市可能產生不同的態度, 根據各城市的態度差異, 少數族群可以考慮在不同期間內進行搬遷, 搬遷次數不受限制, 但一期內只能嘗試搬遷一次。其流程如圖 1 所示。

而少數族群的效用僅受居住該城市是否受到歧視與搬遷至其他城市所花費的成本作爲考量。其中居住一個受歧視的城市的負效用大過於搬遷的成本。由此可知當期內唯有從一個受到歧視的城市搬到不受歧視的城市得

臺灣大學學術期刊資料庫

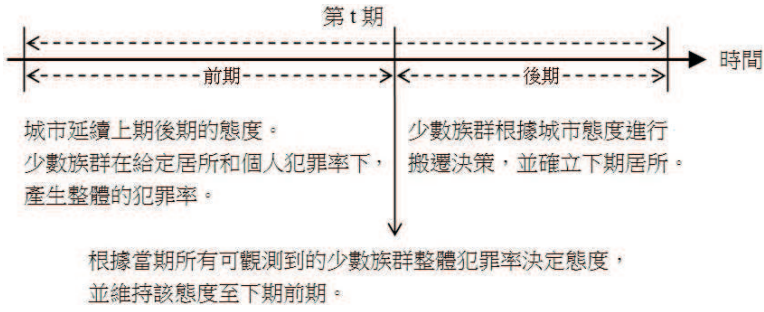


圖 1: 流程圖

以提高效用, 此外的搬遷行爲皆會使效用降低。

上述模型爲了操作方便, 做了幾個設定, 其一, 少數族群的犯罪率爲外生給定且每個人皆相同。雖然每個人可能因爲教育等因素使犯罪率高低不一, 但因爲個人的犯罪率屬於私人資訊, 旁人無從得知, 所以在無法靠外觀區別的狀態下, 若高犯罪率和低犯罪率的少數族群混雜居住, 其能觀察到的整體犯罪行爲會很類似於外生給定每位少數族群相同而平均的犯罪率。而高犯罪率和低犯罪率的少數族群不會分群居住的原因在於, 兩類型的人靠外觀無法區便, 若某一地區全然居住著低犯罪率的少數族群, 該城市對少數族群有很高的機率不歧視, 使得該城市願意接納少數族群的機率很高, 即便是面對高犯罪率的遷入者也很容易接受, 因爲外觀上無從區別。在這樣的狀態下, 除非有無法支付搬遷成本等因素介入, 不然, 高低犯罪率的少數族群無法被區分開來, 而更傾向混雜居住。

其二, 本文假定各族群僅知道自己族群的真實犯罪率不知異族群的真實犯罪率。此處雖然假定對於異族群的真實犯罪率未知, 但還是可以透過各種資訊, 包括網路等資訊取得當期各地區的少數族群犯罪率資料, 但此資料仍屬於受隨機性影響的觀測資料, 而非真實的實際資訊, 因此判斷上還是會受隨機因素影響。且人的搬遷和生活只會受鄰近區域影響, 因此, 即便知道所有地區的情況, 主要會關切的仍然只有臨近區域的犯罪資訊, 並僅就其關心的資訊做出綜合判斷。

臺灣大學學術期刊資料庫

2.2 人口搬遷行為

假設存在一個離散且無限的時間序列 t, 少數族群隨時間經過不會死亡也不能生育, 或少數族群會隨時間死亡並產下同等人數的下一代繼承居所, 因此少數族群總人數在各期恆保持固定且流轉於各城市中。並以 b_{it} 表示在第 t 期時第 i 座城市內居住的少數族群數量, 其中 $b_{it} \in \{0, 1, 2, \cdots\}$, 並形成一個矩陣 $B_t = [b_{1t}, \cdots, b_{nt}]'$。

少數族群的行爲和生活皆在所居住的城市內, 且各期開始後, 每個人皆以獨立的機率 p 在所居城市產生犯罪, 各城市統計當期能觀察到的所有少數族群整體犯罪率並決定態度。因爲每座城市的訊息有限, 只能查覺其有直接連結城市以及所屬城市裡的居民行爲。故第 t 期時第 i 個城市可觀察到的少數族群人數爲當 $i \in \{2, \cdots, n-1\}$ 時, $c_{it} = b_{it} + b_{i-1,t} + b_{i+1,t}$; 且 $c_{1t} = b_{1t} + b_{2t} + b_{nt}$, 而 $c_{nt} = b_{1t} + b_{n-1,t} + b_{nt}$, 並形成一個矩陣 $C_t = (I + A)B_t = [c_{1t}, \cdots, c_{nt}]'$。

假設第 t 期在第 i 個城市內的少數族群犯罪者人數爲 z_{it}, 故第 i 個城市在第 t 期的少數族群犯罪者人數爲 $x_{it} = z_{i-1,t} + z_{it} + z_{i+1,t}$, 因此第 i 個城市觀察到有 x_{it} 個少數族群犯罪者的機率爲

$$P_{it}(x_{it}) = \binom{c_{it}}{x_{it}} p^{x_{it}} (1-p)^{c_{it}-x_{it}}。$$

本文中, 我們假設 z_{it}、x_{it} 皆爲正整數或0。

接著, 各城市根據容忍度和當期觀測到的少數族群犯罪率高低決定從此刻起到下一期初期對少數族群的態度, 而態度分兩種: 歧視和不歧視。

爲了描述真實社會對犯罪率容忍的臨界值和真實犯罪率之間的關係, 我們在本文中假設 $q > p$, 這說明著人會某種程度理性的看待數據, 在能接受的誤差內不會將現象歸因爲異族群是高犯罪族群。

當期第 i 座城市觀察到少數族群犯罪的人數爲 x_{it}。若 $x_{it}/c_{it} > q$, 則這期第 i 座城市的態度爲歧視; 若 $x_{it}/c_{it} \leq q$, 則這期第 i 座城市的態度爲不歧視。故可以得到在第 t 期, 第 i 個城市的態度爲不歧視的機率爲

$$r_{it} = r(A, B_t, q) = \sum_{x=1}^{\lfloor qc_i \rfloor} P_{it}(x) = Pr\left(\frac{x_{it}}{c_{it}} \leq q\right),$$

臺灣大學學術期刊資料庫

其中,

$$\lfloor qc_i \rfloor = \max_{m \in Z}\{m \leq qc_i\},$$

亦即 $\lfloor qc_i \rfloor$ 爲不大於 qc_i 的最大整數。

此外, 第 t 期, 第 i 個城市和第 j 個城市的態度皆爲不歧視的機率爲

$$r_{ij,t} = Pr\left(\frac{x_{it}}{c_{it}} \leq q \cap \frac{x_{jt}}{c_{it}} \leq q\right)。$$

命題 1. 在數量夠大時, 城市觀察到的人數多寡和不歧視機率大小的方向應一致。

証明. $r_{it} = Pr(x/c_{it} \leq q)$ 爲一個累積二項機率函數, 在 c_{it} 數量很大時會趨近於常態分配。下列 Φ 爲標準常態的累積機率函數; ϕ 爲標準常態的機率密度函數。令

$$\frac{c_{it}q - c_{it}p}{\sqrt{c_{it}p(1-p)}} = w。$$

在 c_{it} 夠大時, 可知 $r_{it} \approx \Phi(w)$, 且在 $q > p$ 的條件下,

$$\frac{\partial r_{it}}{\partial c_{it}} \approx \phi(w)\frac{w}{2c_{it}} > 0。$$

由此可知 c_{it} 越大, r_{it} 會越高。

反過來說, 得知 r_{it} 可趨近到常態分配: $\Phi(w)$。若 r_{it} 會越高, 可得 w 越大, 在 p、q 不變下, 可得 c_{it} 越大。故 r_{it} 越高時, c_{it} 越大。

由此可知該城市能觀測到的少數族群人數越多, 不歧視的機率越高; 反過來說, 不歧視越高, 亦表示該城市能觀測到的少數族群人數越多。 □

上述操作相當於城市在各期進行假設檢定, 虛無假設爲少數族群非高犯罪族群, 對立假設爲少數族群爲高犯罪族群, 而每個城市的樣本爲 c_{it}, 在 c_{it} 夠大的情況下, 可趨近於常態分配, 此時 w 相當於假設檢定中拒絕虛無假設的最大臨界 Z 值, 因此 w 越大, 接受域越大, 代表信賴水準越高。

城市的態度決定後, 少數族群能決定是否要搬遷。我們假設搬遷不耗時, 有區域限制, 每一期只能嘗試一次且未必會成功。其中搬遷決策分兩階段:

臺灣大學學術期刊資料庫

第一階段: 少數族群因是否受歧視而有不同機率想要搬遷, 其中若少數族群身處不受歧視的城市則想搬遷的機率會比身處受到歧視的城市低, 而若產生搬家想法的人會隨機找尋其鄰近的城市並嘗試搬遷。

第二階段: 各城市根據是否歧視會有不同的接納搬遷者機率, 其中若城市不歧視則接受搬遷者的機率會比歧視的城市高。

綜合兩階段產生最終的成功搬遷率, 而此成功搬遷率則與城市的相對狀態有關。爲了簡化, 假定最終每個少數族群搬遷的相對成功率如下:

- 從一座歧視城市成功遷移到另一座不歧視城市的機率爲 v_1。
- 從一座 (不) 歧視城市成功遷移到另一座 (不) 歧視城市的機率爲 v_2。
- 從一座不歧視城市成功遷移到另一座歧視城市的機率爲 v_3。

並令 $v_1 \gg v_2 > v_3$。且 v_2 和 v_3 是在少數族群犯錯時才會發生, 因此機率相對微小。由此可知在第 t 期, 任一個位於第 i 個城市的少數族群人口選擇要遷移到第 j 個城市, $j \in g_i$, 且成功的機率爲

$$s_{ijt} = \frac{1}{d_i}\left[\left(r_{jt} - r_{ij,t}\right)v_1 + r_{ij,t}v_2 + \left(1 - r_{it} - r_{jt} + r_{ij,t}\right)v_2 + \left(r_{it} - r_{ij,t}\right)v_3\right],$$

若 $j \notin g_i$, 則 $s_{ijt} = 0$, 而任一位於第 i 座城市的少數族群待在原本城市的機率爲

$$1 - \sum_{j \in g_i} s_{ijt},$$

故形成一個矩陣 $S_t = \{s_{ijt}\}_{n\times n} = S(A, B_t, p, q)$。若已知這一期的 B_t, 則下一期期望分佈爲: $E[B_{t+1}|B_t] = S_t B_t$。

命題 2. 若多數族群不會對少數族群的犯罪率高低產生歧視, 則少數族群不會聚集。

証明. 若多數族群不會對少數族群的犯罪率高低產生歧視, 則兩鄰近城市的態度應一致 (或者都歧視, 或者都不歧視), 此時第 i 個城市的少數族群人口選擇要遷移到第 j 個城市且成功的機率可改寫爲 $s_{ijt} = 1/2v_2$。

臺灣大學學術期刊資料庫

由此可知, 此時唯一影響城市流出人口的只有當期城市內居住的少數族群人數, 若該城市內少數族群人數較相鄰城市多, 則當期少數族群人口會有淨流出, 反之, 若該城市內少數族群人數較相鄰城市少, 則當期少數族群人口會有淨流入, 直到所有城市少數族群人口皆相同時達成均衡。 □

3 均衡

3.1 均衡狀態

在一般情況下, 各城市期望人口變化值爲

$$E\left[\Delta B_{t+1}|B_t\right] = E\left[B_{t+1}|B_t\right] - B_t = \left[\Delta b_{1,t+1}|B_t, \cdots, \Delta b_{n,t+1}|B_t\right]$$
$$= \left(S_t - I\right) B_t。$$

給定人口分佈狀態 B_t 下, 令 $\delta_{t+1}|B_t$ 爲下一期的期望人口總變化值:

$$\delta_{t+1}|B_t = \sum_{i=1}^{n} \|\Delta b_{i,t+1}|B_t\|。$$

此處 $\|a\|$ 表示變數 a 的絕對值。

定義. 給定任意時間 t, 若 $\delta_{t+1}|B_t = 0$, 則 $E[B_{t+1}|B_t] = S_t B_t = B_t$, 此時各城市期望人數維持恆定, 少數族群分佈達均衡狀態。

在分析少數族群分佈達均衡狀態時, 我們利用相鄰兩城市之間的淨流入皆爲 0, 做爲均衡的條件。實際上此一條件爲充分但非必要條件: 假定三個城市 i、j、k 座落於環狀區域上, 若城市 i 流入城市 j 的期望人口等於城市 j 流入城市 k 的期望人口, 又恰等於城市 k 流入城市 i 的期望人口。在上述情況下, 亦可以形成均衡狀態。雖然我們認爲, 城市之間若有淨流入, 代表對少數族群的吸引力會有差異, 而這種相對吸引力的關係應不致會有連續遞延且最終形成迴圈的關係。不過這僅是我們的猜測, 目前並無法以嚴謹的推論來證明。另一方面, 由於若要把前述淨流入的迴圈關係納入均衡條件來一併考慮, 會大幅增加分析的困難度。因此, 我們把均衡條

臺灣大學學術期刊資料庫

件限制在僅考慮相鄰兩城市之間淨流入皆爲 0 的情況下。接著, 我們利用此均衡條件說明在環狀連結下, 各城市不歧視機率高低與少數族群居民多寡的相對關係。[2]

命題 3. 在均衡時, 環狀連結下, 兩鄰近城市的人數相對大小與不歧視機率的相對大小應爲一致。

証明. 考慮任意 $a_{ij} = 1$ 的城市, 若要達成期望人口流動爲 0, 則城市 j 流入城市 i 的期望人口應等於城市 i 流入城市 j 的期望人口。即

$$\frac{1}{2}\left[\left(r_i - r_{ij}\right)v_1 + \left(1 - r_i - r_j + 2r_{ij}\right)v_2 + \left(r_j - r_{ij}\right)v_3\right]b_j$$
$$= \frac{1}{2}\left[\left(r_j - r_{ij}\right)v_1 + \left(1 - r_i - r_j + 2r_{ij}\right)v_2 + \left(r_i - r_{ij}\right)v_3\right]b_i。$$

若 $b_j > b_i$, 則 $(r_i - r_{ij})v_1 + (r_j - r_{ij})v_3 < (r_j - r_{ij})v_1 + (r_i - r_{ij})v_3$。已知 $v_1 \gg v_3$ 下, 可得出若 $b_j > b_i$, 則 $r_j > r_i$; 同理, 若 $r_j > r_i$, 則 $b_j > b_i$。由此可知, 在均衡時, 若該城市不歧視的機率比相連城市的不歧視機率高, 則該城市會居住比相連城市更多的少數族群; 反過來說, 若該城市居住的少數族群人數比相鄰城市居住的少數族群人數多, 則該城市不歧視機率會比相鄰城市不歧視機率高。 □

命題 1 說明均衡時, 城市觀測少數族群多寡和不歧視機高低有正向對應關係。命題 3 說明均衡時, 某城市不歧視機率和鄰近城市不歧視機率相對高低和某城市與鄰近城市居住的少數族群相對多寡一致。

結合命題 1 和命題 3 可推論均衡時, 某城市與鄰近城市居住的少數族群相對多寡和某城市與鄰近城市能觀察到的少數族群數量相對多寡一致。下列將利用此性質, 勾勒可能的均衡分佈。

命題 4. 凡存在任一座或一座城市以上城市中少數族群人口爲 0 之分佈皆不可能爲均衡分佈。

証明. 當一座無少數族群居住的城市與存在少數族群居住的城市相鄰時, 無少數族群居住城市流入存在少數族群居住城市的期望人數爲 0, 然而, 存

[2]我們感謝匿名審查人提出這一觀點。

臺灣大學學術期刊資料庫

在少數族群居住的城市流入無少數族群居住城市的期望人數大於0, 兩城市的期望流動量恆不爲0, 無法達成均衡。 □

命題4的結果, 主要來自於我們假設各種搬遷的相對成功率皆爲正值 ($v_1 \gg v_2 > v_3 > 0$)。若假設未能改善效用的搬遷不可能成功 ($v_2 = v_3 = 0$), 則可能發生某些城市人口爲0的情況 (參見命題14)。

此處定義鋸齒狀爲一段至少五座以上相鄰城市, 少數族群在各城市中以高低相間的人口分佈, 也就是每座城市皆滿足同時比兩旁城市的少數族群人數少, 或是同時比兩旁城市的少數族群人數多。即爲局部當中任意三個連結的城市 $i-1$、i、$i+1$, 若 $b_{i-1} > b_i$, 則 $b_{i+1} > b_i$ 必成立; 反之, 若 $b_{i-1} < b_i$, 則 $b_{i+1} < b_i$ 必成立。

命題 5. 在環狀假設下, 鋸齒狀必不爲均衡分佈。

証明. 以局部五座相鄰城市1、2、3、4、5爲例, 其中數字相鄰的城市彼此有直接連結, 而城市1和城市5並未有直接連結。假設其人口多寡滿足 $b_1 > b_2$ 且 $b_3 > b_2$, 且 $b_3 > b_4$ 且 $b_5 > b_4$, 其中城市2、3、4的人口大小爲 $b_3 > b_2 \geq b_4$。

因爲 $b_3 > b_2$, 在均衡時必須伴隨著 $c_3 = b_2 + b_3 + b_4 > c_2 = b_1 + b_2 + b_3$, 由此可知 $b_4 > b_1$。然而, 此均衡要求與假設中 $b_1 > b_2 \geq b_4$ 產生矛盾, 因此, 鋸齒狀分佈不滿足均衡條件。 □

接著, 定義山峰狀爲一段至少五座以上相鄰城市, 少數族群人口在各城市間必定爲逐漸上升再逐漸下降, 或逐漸下降再逐漸上升。即爲假設任意一段相鄰的城市 i、$i+1$、$\cdots$、j, 必定存在一個城市 k, 且 $i < k < j$, 滿足 $b_i < b_{i+1} < \cdots < b_k$ 且 $b_j < b_{j-1} < \cdots < b_k$, 或 $b_i > b_{i+1} > \cdots > b_k$ 且 $b_j > b_{j-1} > \cdots > b_k$ 其中一種情況。

命題 6. 在環狀假設下, 均衡分佈可能呈現山峰狀。

証明. 證明參見附錄1。 □

而均等分佈爲所有城市內少數族群人數皆相等的分佈。即 $b_1 = b_2 = \cdots = b_n$。

臺灣大學學術期刊資料庫

命題 7. 在環狀假設下, 均等分佈必爲均衡分佈。

証明. $\forall i, j$, 因 $b_i = b_j$, 則 $c_i = c_j$, 使得 $r_i = r_j$, 除此之外, $\forall a_{ij} = 1, a_{lk} = 1$, 滿足 $r_{ij} = r_{lk}$。

因此任意 $a_{ij} = 1$ 的城市, $1/2[(r_j - r_{ij})v_1 + (1 - r_i - r_j + 2r_{ij})v_2 + (r_i - r_{ij})v_3]b_i$ 必然等於 $1/2[(r_i - r_{ij})v_1 + (1 - r_i - r_j + 2r_{ij})v_2 + (r_j - r_{ij})v_3]b_j$。 □

此外, 此處無法窮舉各種分佈的形狀一一判斷是否符合均衡條件, 但可以確定的是均衡分佈的形狀除了山峰狀和均等分佈外, 尚有其他可能。例如以下的「寬鋸齒狀」分佈即可能爲均衡。

命題 8. 均衡分佈不僅限於山峰狀分佈和均等分佈, 尚有其他可能的均衡分佈。

証明. 以八座城市爲例, 其中 $b_1 = b_2 = b_5 = b_6 > b_3 = b_4 = b_7 = b_8$, 此人口分佈亦可能爲均衡分佈。

以局部兩人口相同的鄰近城市 1、2 爲例, 在均衡時, 若 $b_1 = b_2$, 則 $c_1 = c_2$, 因此可知 $b_8 = b_3$。以局部兩人口相異的鄰近城市 2、3 爲例, 在均衡時, 若 $b_2 > b_3$, 則 $c_2 > c_3$, 因此可知 $b_1 > b_4$。上述均衡的條件皆與假設人口排序相符, 因此有機會找到一組人既滿足均衡要求又滿足此排序, 可見除了均等分佈和山峰狀分佈外, 存在其他可能的均衡的分佈。 □

3.2 穩定均衡

上述說明均等分佈和山峰狀分佈皆爲均衡分佈, 下面將說明此兩種均衡分佈的穩定性何者較高。這裡定義穩定的方式爲, 若在均衡時發生一微小衝擊, 使得少數族群人口分佈產生變動, 該分佈的相對形狀是否會被改變, 若越能維持相對形狀, 則認定該分佈較爲穩定。

命題 9. 在環狀假設下, 山峰狀分佈比均等分佈更爲穩定。

証明. 證明參見附錄2。 □

臺灣大學學術期刊資料庫

4 相關參數的比較靜態分析

在穩定均衡時, 少數易受歧視的族群的人口分佈易呈現山峰狀, 因此人口分佈會呈現集中趨勢, 這節將說明其他相關參數改變對人口集中程度的影響, 並以模擬驗證。模擬皆以第0期爲均等分佈當起始, 進行3000期搬遷, 各城市取第2500期到第3000期的平均人數, 並利用第2500期到第3000期各城平均人口的變異數或變異系數判斷集中程度。定義各城市人口的平均數爲

$$\bar{b} = \frac{\sum b_{it}}{n},$$

變異數爲

$$Var\left(B_t\right) = \frac{\sum \left(b_{it} - \bar{b}\right)^2}{n-1},$$

變異係數爲

$$CV\left(B_t\right) = \frac{\sqrt{Var\left(B_t\right)}}{\bar{b}},$$

若 $CV(B_t) = 0$ 或 $Var(B_t) = 0$ 表示每座城市的少數族群人口皆相同, 表示人口分佈最爲分散; 所以 $CV(B_t)$ 或 $Var(B_t)$ 越大時, 表示少數族群人口越集中在某些城市裡。

接著下面以城市2和城市3兩個彼此相鄰的城市爲例說明, 並假定城市2爲少數族群人數較少的城市, 以下稱爲小城市, 城市3爲少數族群人數較多的城市, 以下稱爲大城市。兩城市可能產生的三種狀態如下:

- 狀況一: 兩座城市狀態相同, 機率爲 $1 - r_{2t} - r_{3t} + 2r_{23t}$。
- 狀況二: 大城市不歧視而小城市歧視, 機率爲 $r_{3t} - r_{23t}$。
- 狀況三: 小城市不歧視而大城市歧視, 機率爲 $r_{2t} - r_{23t}$。

由此可知由大城市遷入小城市的期望人口爲

$$\frac{1}{2}\left[\left(r_{2t} - r_{23t}\right) v_1 + \left(1 - r_{2t} - r_{3t} + 2r_{23t}\right) v_2 + \left(r_{3t} - r_{23t}\right) v_3\right] b_{3t}。$$

由小城市遷入大城市的期望人口爲

$$\frac{1}{2}\left[\left(r_{3t} - r_{23t}\right) v_1 + \left(1 - r_{2t} - r_{3t} + 2r_{23t}\right) v_2 + \left(r_{2t} - r_{23t}\right) v_3\right] b_{2t}。$$

臺灣大學學術期刊資料庫

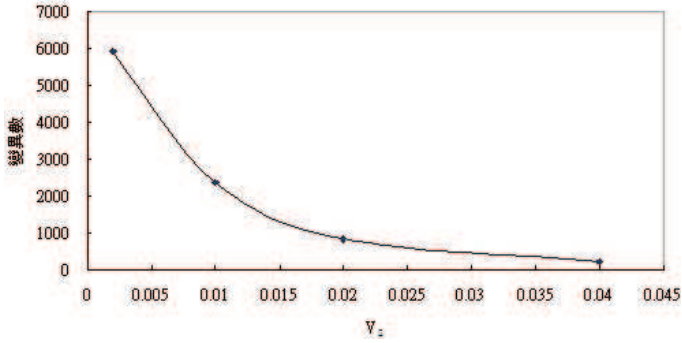


圖 2: 犯錯率增加對分佈集中度的影響

若兩城市間期望人口流動差異爲0, 則能滿足均衡要求。令原均衡時各城市人口爲 b_i、各城市不歧視機率爲 r_i、任兩城市 i、j 皆不歧視的機率爲 r_{ij}。

下面的變數分析中, 首先討論犯錯機率增加的影響。其中 v_2 爲選定搬遷城市下, 由 (不) 歧視城市搬到 (不) 歧視城市的成功率。而 v_3 爲選定搬遷城市下, 由不歧視的城市搬遷到歧視城市的成功率。在同狀態下搬遷和由不歧視城市搬遷到歧視城市皆會損及效用, v_2 和 v_3 的大小皆反映著少數族群的犯錯機率高低, v_2 和 v_3 越大代表少數族群的犯錯率越高。

命題 10. c_i 夠大時, 犯錯率 (v_2 和 v_3) 越高, 少數族群人口分佈越分散。

証明. 證明參見附錄3。 □

圖2分別以 $v_2 = 0.002$、$v_3 = 0.001$ 和 $v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$ 和 $v_2 = 0.02$、$v_3 = 0.01$ 和 $v_2 = 0.04$、$v_3 = 0.02$ 四組資料驗證犯錯率增加的影響。其中橫軸爲 v_2, 而 v_3 皆控制爲 v_2 的一半, 縱軸爲模擬的平均變異數 (原始資料參閱附錄表2至表5)。

接著說明, v_1增加的影響, v_1 爲選定搬遷城市下, 由歧視的城市搬遷到不歧視城市的成功率。這類型的搬遷可以增加效用, 因此發生的機率應該比犯錯行爲高, 所以相對大小關係應該滿足 $v_1 \gg v_2 > v_3$。

命題 11. c_i 夠大時, v_1 越高, 少數族群人口分佈越集中。

臺灣大學學術期刊資料庫

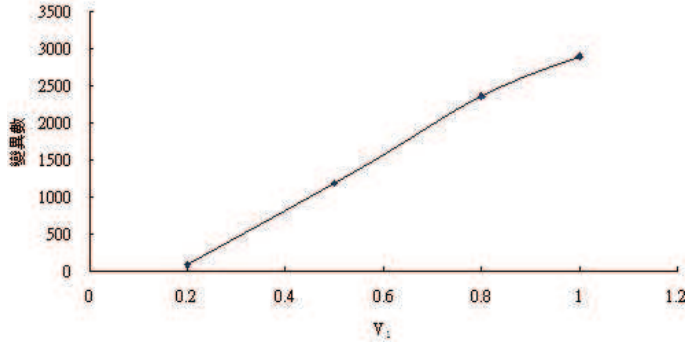


圖 3: v_1 增加對分佈集中度的影響

証明. 證明參見附錄4。 □

圖3分別以 $v_1 = 0.2$、$v_1 = 0.5$、$v_1 = 0.8$、$v_1 = 1$ 四組資料驗證給定搜尋城市下由受歧視城市搬遷到不歧視城市成功率增加的影響。其中橫軸爲 v_1, 縱軸爲模擬的平均變異數 (原始資料參閱附錄表6至表9)。

上述討論了各狀態下搬遷成功率改變的影響, 接下來要討論當城市能忍度犯罪率的臨界值 q, 和少數族群總人口變動時會有甚麼影響。因爲這兩項變動皆會造成各城市不歧視機率改變, 因此下面用四座相鄰的城市1、2、3、4爲例說明。其中數字相鄰的城市彼此有直接連結, 而城市1和城市4並未有直接連結。人數的大小關係爲一樣維持 $b_3 > b_2$, 且在此相對大小下爲滿足 $c_3 > c_2$, 可推知均衡時 $b_4 > b_1$。

命題 12. 在少數族群總人數大到一定程度時, 人口分佈會相當分散。

証明. 當少數族群人口增加時, 若人口以等比例增加在各城市中, 則所有城市人口皆會增加。其中城市2和城市3的人口增加所帶來的影響是明確的, 因爲此二城市的居民爲共享資訊, 因此共享的資訊增加, 會使得兩城市狀態相同的機率會增加, 從而會產生分散的力道。

唯有城市1和城市4的人口改變才會使得兩城市狀態相異的機率改變, 若 $b_3 > b_2$, 均衡時要求 $b_4 > b_1$, 因此城市4的人口增額 > 城市1的人口增額, 可知城市3能觀察到的人口增額 > 城市2能觀察到的人口增額。

臺灣大學學術期刊資料庫

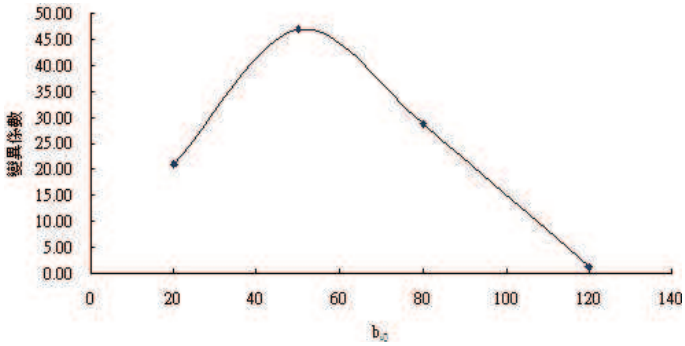


圖 4: 少數族群總人數增加對分佈集中度的影響

然而根據 $q > p$ 時, $\partial r_{it}/\partial c_{it} > 0$, 且 $\partial^2 r_{it}/\partial c_{it}^2 < 0$ 可知, 大城市在均衡時觀測到的人口比小城市多, 因此大城市增加一單位人口所造成的不歧視增額效果不如小城市增加一單位人口。

綜合上述可知, 城市 3 觀測到的少數族群增額較多, 但每增加一人對不歧視增額的效果較差, 而城市 2 觀測到的少數族群增額則是增加較少, 但增加一人對不歧視的增額效果較好。兩相作用下, 雖不能判對哪個城市的人口增加所造成的不歧視的增額比較大, 但可以想像若人數多到一定程度時, 大小城市的人皆會很多, 此時若兩者不歧視機率皆很高, v_2 的作用變大, 分佈會相當分散。若由模擬結果來看, 也可以觀察到當人數多到一定程度時, 分佈確實會變得較爲分散。 □

圖 4 分別以 $b_{i0} = 20$ 和 $b_{i0} = 50$ 和 $b_{i0} = 80$ 和 $b_{i0} = 120$ 四組資料驗證少數族群人口增加的影響。其中橫軸爲初始時, 即第 0 期, 各城市的少數族群人數, 縱軸爲模擬的平均變異係數 (原始資料參閱附錄表 10 至表 13)。

最後說明 q 改變會有甚麼影響, q 爲城市能容忍的犯罪率臨界值, 此臨界值比人真實的犯罪率要來的更高, 這說明著人會某種程度理性的看待數據, 在能接受的誤差內不會將現象歸因爲異族群是高犯罪族群。而 q 越高則代表該城市能忍受的誤差越高, 即能容忍當期看到的犯罪率越高。

命題 13. c_i 夠大時, 城市能容忍的犯罪率由 p 開始增加, 人口分佈會先趨

臺灣大學學術期刊資料庫

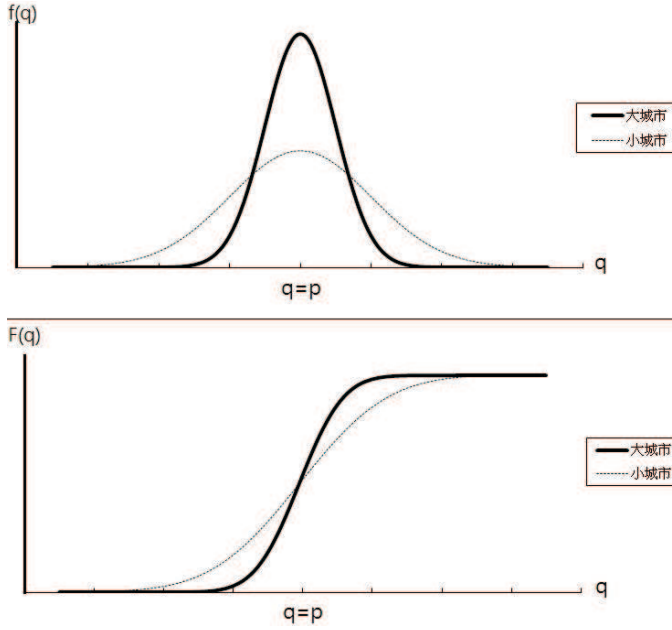


圖 5: q增加對大小城市不歧視機率的影響

於越集中接著變爲分散。

証明. 當 q 從等於人真實的犯罪率 p 開始, 轉爲越來越大時, 可知道大小城市的不歧視機率皆會增加。根據常態累積的機率分佈, 觀察到的人數比較多, 則變異數較小, 如圖 5 所示。圖 5 中, 上圖的橫軸爲 q, 縱軸爲標準常態的機率密度函數, 而下圖的橫軸爲 q, 縱軸爲標準常態的累計機率函數。

當 $q = p$ 時恰好是大城市與小城市不歧視機率皆等於 1/2 處, 因此大小城市不歧視機率皆相同, 此時分佈會呈現相當分散的趨勢。隨著 q 增加, 起初大城市不歧視的增額會比小城市多, 使的大小城市不歧視機率開始不同, 其中大城市不歧視機率大於小城市, 因而較容易聚集少數族群, 使分佈變爲集中。

當 q 持續增加, 大小城市不歧視機率的差額持續擴大, 直到一定程度後, 大小城市不歧視機率的差距才轉爲縮小, 最後大小城市不歧視的機率皆趨近於 1, 此時大小城市的不歧視機率近乎相同, 因此亦會呈現相當分散

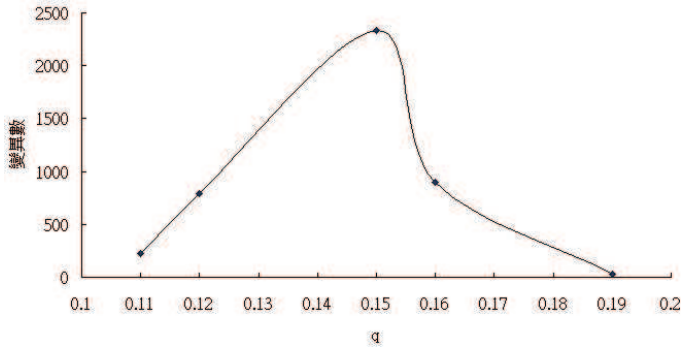


圖 6: q 增加對分佈集中度的影響

的趨勢。

由此可知, q 由等於 p 開始逐漸變大時, 起初大城市開始因不歧視機率高於小城市而聚集少數族群, 使得分佈變的集中, 到當 q 大到一定程度後, 分佈會開始轉爲分散。 □

圖 6 分別以 $q = 0.11$ 和 $q = 0.12$ 和 $q = 0.15$ 和 $q = 0.16$ 和 $q = 0.19$ 五組資料驗證少數族群人口增加的影響。其中橫軸爲 q, 縱軸爲模擬的平均變異數 (原始資料參閱附錄表 14 表 16 表 18 表 20 表 22)。

最後我們提出一種特殊分佈, 孤峰型分佈。孤峰型分佈爲任何有少數族群居住的城市, 皆滿足該城市兩側至少各有兩座城市無少數族群居住。即若城市 i 有少數族群居住, 則至少城市 $i-2$、$i-1$、$i+1$、$i+2$ 四座城市無任何少數族群居住。

命題 14. 若 $v_2 = v_3 = 0$, 孤峰型分佈爲穩定均衡。

証明. 若 $v_2 = v_3 = 0$, 則少數族群只會從受歧視城市搬入不受歧視城市, 然而在孤峰型分佈下, 若城市 i 爲有少數族群居住的城市, 則城市 $i-2$、$i-1$、i、$i+1$、$i+2$ 皆無少數族群。所以城市 $i-1$、i、$i+1$ 能觀察到的皆爲居住於城市 i 的少數族群, 導致城市 $i-1$、i、$i+1$ 的態度會完全一致, 因此城市 i 的少數族群會恆居於原城市, 不會搬遷。由此可知, 在犯錯率爲 0 的情形下, 孤峰型分佈爲穩定均衡。 □

臺灣大學學術期刊資料庫

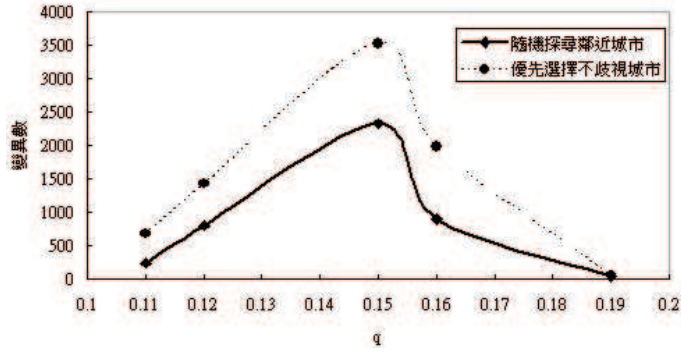


圖 7: 隨機探尋城市和優先選擇不歧視城市的集中度比較

5 少數族群對城市資訊增加對均衡分佈的影響

原來的模型中少數族群並沒有能力知道鄰近城市的態度, 因此原假設中少數族群會隨機探尋一座城市碰運氣, 此節試著改變少數族群的資訊量, 讓少數族群能預先掌握鄰近城市的態度, 若鄰近城市中僅有一座城市是不歧視的, 少數族群會優先考慮該城市, 而非隨機選擇, 若鄰近兩城市的狀態一樣, 則維持隨機選擇, 而其他的設計則與原模型相同, 就算能優先嘗試搬進不歧視的城市, 最終搬遷的成功機率也需遵循 v_1、v_2、v_3 的數值大小。在這樣的修正下, 城市的資訊量不變, 但少數族群對城市的資訊增加。

命題 15. 在 c_i 夠大, 少數族群對城市資訊增加會使山峰狀均衡的人口分佈更集中。

証明. 證明參見附錄5。 □

圖7分別以 $q = 0.11$ 和 $q = 0.12$ 和 $q = 0.15$ 和 $q = 0.16$ 和 $q = 0.19$ 五組資料下比較隨機探尋城市和優先選擇不歧視城市的變異數大小。其中橫軸爲 q, 縱軸爲模擬的平均變異數 (原始資料參閱附錄表14至表23)。並使用 Mann–Whitney–Wilcoxon 檢定 (表1)。

表1採用 Mann–Whitney–Wilcoxon 檢定, 將上述五個容忍度下, 10組模擬的隨機探尋城市 (表中標示爲 A) 和10組模擬的優先選擇不歧視城市 (表中標示爲 B), 此20筆資料混合比較變異數大小, 並由高到低以20到1

臺灣大學學術期刊資料庫

表 1: Mann–Whitney–Wilcoxon 檢定結果

變異數 由高至低排序	$q = 0.11$	$q = 0.12$	$q = 0.15$	$q = 0.16$	$q = 0.19$
20	B	B	B	B	B
19	B	B	B	B	A
18	B	B	B	B	B
17	B	B	B	B	A
16	B	B	B	B	B
15	B	A	B	B	B
14	A	B	B	B	A
13	B	B	B	B	B
12	A	A	B	B	B
11	A	B	B	A	A
10	B	A	A	A	A
9	B	A	A	A	B
8	B	A	A	B	B
7	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	B
5	A	B	A	A	A
4	A	A	A	A	A
3	A	B	A	A	B
2	A	A	A	A	A
1	A	A	A	A	A
B的等級和	145**	136**	155**	152**	120

註: 1. A 表示隨探尋城市、B 表示優先選擇不歧視城市。

2. ** 表示顯著水準小於等於0.025。

3. 他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第2500期到第3000期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$v_1 = 0.8$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

排序。在顯著水準 $\alpha = 0.025$ 下, 檢定優先選擇不歧視城市的變異數是否顯著大過隨機選擇城市搬遷。

臺灣大學學術期刊資料庫

令隨機選擇城市的模擬次數爲 $m_1 = 10$, 令優先選擇不歧視城市的模擬次數爲 $m_2 = 10$, 每組參數中 20 組模擬混合排序後, 令優先選擇不歧視城市 (B) 的 10 次總排序合爲 W_2, 若模擬數據滿足 $m_1 m_2 + (m_1)(m1 + 1)/2 - W_2 \leq u_{m_1,m_2,\alpha}$, 則優先選擇不歧視城市的變異數顯著大於隨機選擇。

在 m_1 和 m_2 爲 10 且顯著水準 α 爲 0.025 的條件下 $u_{m_1,m_2,\alpha}$ 爲 23, 即優先選擇不歧視城市的總和排序大於等於 132, 則拒絕虛無, 經檢定可知, 容忍度 q 在一定範圍內, 優先選擇不歧視城市的集中程度顯著高於隨機選擇搬遷城市, 當容忍度 q 增大到一定程度, 兩者分佈皆趨向分散後, 集中程度不再有顯著差異。

6 結論和限制

同種族群聚是一種很普遍的現象, 本文旨在說明這種現象的成因甚至可以不來自於人偏好與自己同類者, 也可以不來自於各類人種的行爲差異, 在本文的模型假設中, 人會以明顯的特徵來對人種進行分類, 因此, 當族群間的外觀上得以辨識, 族群便被清楚畫分, 且人會根據觀察到的異族群行爲產生對該族群整體的好惡, 此時, 若人能觀察到的的資訊不夠完全, 就算族群本質上無任何差異, 仍可能發生誤判, 當誤判發生時, 人會開始歧視異族群, 此時被歧視的人就可能產生搬遷念頭, 而本文主要討論的對象即爲易受歧視的少數族群。

透過這樣的模型假設, 少數族群的均衡分佈有很多可能性, 其中均等分佈和山峰狀分佈皆爲可能均衡型態, 前者是最爲分散的分佈形式, 而後者則是較爲集中的分佈。雖然兩者皆爲均衡, 但在隨機性影響下, 山峰型的穩定度會比均等分佈高, 透過群聚, 少數族群可以降低被歧視的機率, 因此容易達成穩定。而這樣的群聚現象, 也不至於會讓少數族群全部皆聚集在同一座城市。因爲此情形下, 該城市只有可能流出人口, 而不可能流入人口, 勢必產生分散趨勢, 因而山峰狀分佈爲一種較可能呈現的分佈。

而此山峰的高低, 即群聚的強弱程度又會受到各項參數的影響, 根據模擬顯示, 若少數族群的犯錯率增加, 在不會增加效用時搬遷的機率增加, 則均衡分佈會較爲分散。若由歧視搬遷到不歧視地區的成功率增加, 則均

臺灣大學學術期刊資料庫

衡分布會更爲集中, 若少數族群的總人數很大, 則人口會十分分散。若城市的容忍度增加, 則均衡分佈會先趨於集中再轉爲分散。若該城市雖然看到的城市量沒有增加, 但可以有更多資訊確認鄰近城市的歧視態度, 優先選擇不歧視的城市搬遷。相較於原先隨機選擇城市, 當均衡呈現山峰狀時, 能掌握鄰近城市的態度並優先搬入不歧視的城市的少數族群人口分佈會較爲集中。此外, 若犯錯率爲 0, 則可能發生孤峰型分佈的均衡。

本文的人口搬遷模式爲一馬可夫過程 (Markov Process), 且跨期之間的狀態轉換機率爲隨機變數, 而非常見馬可夫鏈 (Markov chain) 下的常數。因此, 受限於數學工具有限下, 無法解出確切的長期均衡。但是我們仍可從均衡下人口淨流出爲 0 的條件下, 得到可能的均衡型態和相對穩定性, 以及相關參數變動下的比較靜態分析。未來若能得到適當的數學分析工具支援, 當可對本模型進行更精確的相關分析。

附錄 1: 命題 6 證明

山峰狀的人口分布可分爲三種代表性局部, 第一種爲局部人口持續增加或人口持續減少, 第二種爲局部人口形成一座峰頂, 第三種爲局部人口形成一座峰谷, 下列分別以此三種可能的局部爲例說明均衡分佈可能呈現山峰狀。

下列同樣皆以局部 5 座相鄰的城市 1、2、3、4、5 爲例, 其中數字相鄰的城市彼此有直接連結, 而城市 1 和城市 5 並未有直接連結。

第一種局部, 人口持續增加或人口持續減少, 如 $b_5 > b_4 > b_3 > b_2 > b_1$ 因爲 $b_4 > b_3$ 在均衡時, 必須同時滿足 $c_4 = b_3 + b_4 + b_5 > c_3 = b_2 + b_3 + b_4$, 因此 $b_5 > b_2$。另外, $b_3 > b_2$ 在均衡時, 必須同時滿足 $c_3 = b_2 + b_3 + b_4 > c_2 = b_1 + b_2 + b_3$, 因此 $b_4 > b_1$。由人口假設可知均衡的條件與假設人口排序相符, 因此必然能滿足均衡要求的排序。同理, 若局部爲 $b_5 < b_4 < b_3 < b_2 < b_1$ 也必然符合均衡要求大小排序。

第二種局部, 人口形成一座峰頂, 如 $b_3 > b_2 > b_1$ 且 $b_3 > b_4 > b_5$。因爲 $b_3 > b_2$ 在均衡時, 必須同時滿足 $c_3 = b_2 + b_3 + b_4 > c_2 = b_1 + b_2 + b_3$, 因此 $b_4 > b_1$。另外, $b_3 > b_4$ 在均衡時, 必須同時滿足 $c_3 = b_2 + b_3 + b_4 >$

臺灣大學學術期刊資料庫

$c_4 = b_3 + b_4 + b_5$, 因此 $b_2 > b_5$。由此可知, 此峰頂的條件 $b_3 > b_2 > b_1$ 和 $b_3 > b_4 > b_5$ 可在不違反均衡條件 $b_4 > b_1$ 和 $b_2 > b_5$ 下, 同時成立。

第三種局部, 人口形成一座峰谷, 如 $b_3 < b_2 < b_1$ 且 $b_3 < b_4 < b_5$。同理, 因爲 $b_3 < b_2$ 在均衡時, 必須同時滿足 $c_3 = b_2 + b_3 + b_4 < c_2 = b_1 + b_2 + b_3$, 因此 $b_4 < b_1$。另外, $b_3 < b_4$ 在均衡時, 必須同時滿足 $c_3 = b_2 + b_3 + b_4 < c_4 = b_3 + b_4 + b_5$, 因此 $b_2 < b_5$。由此可知, 此峰谷的條件 $b_3 < b_2 < b_1$ 和 $b_3 < b_4 < b_5$ 可在不違反均衡條件 $b_4 < b_1$ 和 $b_2 < b_5$ 下, 同時成立。

綜合各種局部可知, 山峰狀有機會找到一組人口分佈既滿足均衡條件又同時符合山峰狀, 所以在各種均衡分佈中, 山峰狀分佈爲其中之一。

附錄2 命題9證明

(1) 一般性人口流動分析

第0期時, 各城市人口爲 $b_{i0} = b_i^*$, 假定第0期各城市已處均衡分佈, 而第0期後期搬遷時發生微小衝擊, 讓城市3多流出 δ 人至城市4, 則可知第1期人口分佈和各城市口觀察的少數族群人數如下: $b_{31} = b_3^* - \delta$。而 $b_{41} = b_4^* + \delta$。其餘城市人口不變。衝擊發生於其他任意相鄰兩城市的分析類似, 故省略。

上述人口變動會使: $c_{21} < c_{20}$。而 $c_{51} > c_{50}$。其餘城市人口與第0期相同。因此造成 $r_{21} < r_{20}$ 且 $r_{51} > r_{50}$, 並導致: $r_{12,1} < r_{12,0}$。而 $r_{23,1} < r_{23,0}$。而 $r_{45,1} > r_{45,0}$。而$r_{56,1} > r_{56,0}$。令$\Delta r_{i0} = |r_{i1} - r_{i0}|$、$\Delta r_{ij,0} = |r_{ij,1} - r_{ij,0}|$。若考量 v_2 和 v_3 足夠微小, 與以忽略, 只看 v_1 的影響, 則可計算出第2期的期望人口分佈及期望觀測人口。第0期後期發生衝擊後, 第1期後期城市 i 移入城市 j 的期望變量爲

$$\frac{1}{2}\left(r_{j1} - r_{ij,1}\right) b_{i1} v_1 - \frac{1}{2}\left(r_{j0} + r_{ij,0}\right) b_{i0} v_1。$$

則各城市移動期望變量如下:

城市2移入城市1期望增額: $\frac{1}{2}\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{12,0}\right) b_1^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{12,0}\right) b_2^* v_1$,

臺灣大學學術期刊資料庫

城市2移入城市3期望增額: $\frac{1}{2}\left(\Delta r_{23,0}\right) b_2^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{23,0}\right) b_3^* v_1 + \frac{1}{2}\delta\left(r_{21} - r_{23,1}\right) v_1,$

城市4移入城市3期望增額: $\delta\left(r_{30} - r_{34,0}\right) v_1,$

城市4移入城市5期望增額: $\frac{1}{2}\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{45,0}\right) b_4^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{45,0}\right) b_5 v_1^* + \frac{1}{2}\delta\left(r_{51} - r_{45,1}\right) v_1,$

城市6移入城市5期望增額: $\frac{1}{2}\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{56,0}\right) b_6^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{56,0}\right) b_5^* v_1,$

其餘城市之間的期望流動依然爲0。

因此可知道第二期各城市的期望人口數如下:

$$
\begin{aligned}
E\left(b_{12}|B_1\right) &= b_1^* + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20}\right) b_1^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{12,0}\right)\left(b_2^* - b_1^*\right) v_1,\\
E\left(b_{22}|B_1\right) &= b_2^* - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20}\right) b_1^* v_1 - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{12,0}\right)\left(b_2^* - b_1^*\right) v_1\\
&\quad - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{23,0}\right)\left(b_2^* - b_3^*\right) v_1 - \frac{1}{2}\delta\left(r_{21} - r_{23,1}\right) v_1,\\
E\left(b_{32}|B_1\right) &= b_3^* - \delta + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20}\right) b_3^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{23,0}\right)\left(b_2^* - b_3^*\right) v_1\\
&\quad + \frac{1}{2}\delta\left(r_{21} - r_{23,1}\right) v_1 + \delta\left(r_{30} - r_{34,0}\right) v_1,\\
E\left(b_{42}|B_1\right) &= b_4^* + \delta - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50}\right) b_4^* v_1 - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{45,0}\right)\left(b_5^* - b_4^*\right) v_1\\
&\quad - \frac{1}{2}\delta\left(r_{51} - r_{45,1}\right) v_1 - \delta\left(r_{30} - r_{34,0}\right) v_1,\\
E\left(b_{52}|B_1\right) &= b_5^* + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50}\right) b_4^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{45,0}\right)\left(b_5^* - b_4^*\right) v_1\\
&\quad + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{56,0}\right)\left(b_5^* - b_4^*\right) v_1 + \frac{1}{2}\delta\left(r_{51} - r_{45,1}\right) v_1,\\
E\left(b_{62}|B_1\right) &= b_6^* - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50}\right) b_6^* v_1 - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{56,0}\right)\left(b_5^* - b_6^*\right) v_1,
\end{aligned}
$$

其餘城市期望人口與第0期相同。

若城市可觀測人數由 c_{it} 改變至 $c_{it+1} = c_{it} + \delta$, 變動 δ。則城市不歧

臺灣大學學術期刊資料庫

視機率會由

$$r_{it} \approx \Phi\left(\frac{c_{it}(q-p)}{\sqrt{c_{it}p(1-p)}}\right) \text{ 改變至 } r_{it+1} \approx \Phi\left(\frac{(c_{it}+\delta)(q-p)}{\sqrt{(c_{it}+\delta)p(1-p)}}\right),$$

利用泰勒展開式的趨近, $f(c_{it+1}) - f(c_{it}) = f'(c_{it}) \times (c_{it+1} - c_{it})$, 可知

$$\begin{aligned}\Delta r_{it} = f(\delta) &\approx \phi\left(\frac{c_{it}q - c_{it}p}{\sqrt{c_{it}p(1-p)}}\right)\frac{1}{2}\frac{q-p}{\sqrt{c_{it}p(1-p)}}\ |\delta| \\ &= \phi(w)\frac{w}{2c_{it}}\ |\delta|。 \qquad (1)\end{aligned}$$

$$\Delta r_{it} = 0, \quad 當 \quad \delta = 0。$$

$$\partial \Delta r_{it}/\partial\delta > 0, \quad 當 \quad q > p。$$

根據標準常態機率密度函數可知

$$w\phi(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} w e^{-\frac{w^2}{2}}。 \qquad (2)$$

則根據泰勒展開式可知

$$we^{-\frac{1}{2}w^2} = \left(\frac{1}{w} + \frac{w}{2} + \frac{w^3}{(4)2!} + \cdots\right)^{-1}。 \qquad (3)$$

根據算幾不等式可知

$$b\emptyset^{¨}U-, (1)(2)\left(\frac{1}{2w} + \frac{w}{2}\right) \div 2 \geq \sqrt{\frac{1}{2w} \times \frac{w}{2}}。 \qquad (4)$$

由 (4) 式可知 $1/2w + w/2 \geq 1$, 將此條件代入 (3) 式可得 $we^{-(1/2)w^2} < 1$, 代入 (2) 式得 $w\phi(w) < 2\pi^{-1/2}$, 再代入 (1) 式可推知 $c_{it}\Delta r_{it} < (1/5)\delta$。

藉由 $c_{it}\Delta r_{it} < 1/5\delta$, $0 \leq r_{it} - r_{ij,t} \leq 1/2$, $v_1 \leq 1$ 三項限制式可知第2期各城市期望人口變動範圍如下:

$$0 < E\left(b_{12}|B_1\right) - b_1^* < \frac{1}{5}\delta, \text{ 即代表城市1的期望人口增額小於 } \frac{1}{5}\delta,$$

臺灣大學學術期刊資料庫

$-\frac{11}{20}\delta < E\left(b_{22}|B_1\right) - b_2^* < 0$, 即代表城市2的期望人口減額小於$\frac{11}{20}\delta$,

$-\delta < E\left(b_{32}|B_1\right) - b_3^* < -\frac{1}{20}\delta$, 即代表城市3的期望人口減額會介在 $\frac{1}{20}\delta$ 到 δ 間,

$\frac{1}{20}\delta < E\left(b_{42}|B_1\right) - b_4^* < \delta$, 即代表城市4的期望人口增額介在 $\frac{1}{20}\delta$ 到 δ 間,

$0 < E\left(b_{52}|B_1\right) - b_5^* < \frac{11}{20}\delta$, 即代表城市5的期望人口增額小於 $\frac{11}{20}\delta$,

$-\frac{1}{5}\delta < E\left(b_{62}|B_1\right) - b_6^* < 0$, 即代表城市6的期望人口減額小於 $\frac{1}{5}\delta$,

(2) 均等分佈均衡之穩定性分析

若原先均衡時的分佈爲均等分佈, 即 $b_1^* = b_2^* = \ldots = b_n^* = \bar{b}$, $r_1 = r_2 = \cdots = r_n$, 可將上述第二期人數減化如下:

$$E\left(b_{12}|B_1\right) = \bar{b} + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20}\right)\bar{b}v_1 > \bar{b},$$

$$E\left(b_{22}|B_1\right) = \bar{b} - \left(\Delta r_{20}\right)\bar{b}v_1 - \frac{1}{2}\delta\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{23,0}\right)v_1 < \bar{b},$$

$$E\left(b_{32}|B_1\right) = \bar{b} - \delta + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20}\right)\bar{b}v_1 + \frac{1}{2}\delta\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{23,0}\right)v_1 + \delta\left(r_{30} - r_{34,0}\right)v_1 < \bar{b},$$

$$E\left(b_{42}|B_1\right) = \bar{b} + \delta - \delta\left(r_{30} - r_{34,0}\right)v_1 - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50}\right)\bar{b}v_1 - \frac{1}{2}\delta\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{45,0}\right)v_1 > \bar{b},$$

$$E\left(b_{52}|B_1\right) = \bar{b} + \left(\Delta r_5\right)\bar{b}v_1 + \frac{1}{2}\delta\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{45,0}\right)v_1 > \bar{b},$$

$$E\left(b_{62}|B_1\right) = \bar{b} - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50}\right)\bar{b}v_1 < \bar{b},$$

若以五座城市爲例, 則城市 1 相當於城市 6, 在假設 δ 很小時, 利用泰勒展開式趨近。

臺灣大學學術期刊資料庫

$$\Delta r_{20} = \Delta r_{50} \approx \phi \left(\frac{3\bar{b}(q-p)}{\sqrt{3\bar{b}}p(1-p)} \right) \times \left(\frac{q-p}{2\sqrt{3\bar{b}}p(1-p)} \right) \times \delta,$$

以上假設機律改變微小到增減 δ, 對於機率的影響一樣, 由此可知

$$E\left(b_{12}|B_1\right) = \bar{b} + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20}\right)\bar{b}v_1 - \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50}\right)\bar{b}v_1 = \bar{b}。$$

由上述簡化可得知第2期各鄰近城市中可確定期望人數大小的城市爲 $E(b_{52}|B_1) > E(b_{12}|B_1) > E(b_{22}|B_1)$, 和 $E(b_{42}|B_1) > E(b_{32}|B_1)$, 而剩下的城市2和城市3以及城市4和城市5的相對大小並不明確。

根據命題1和命題3, $b_5 > b_1$ 要求均衡時 $b_4 > b_2$, 而 $b_1 > b_2$ 要求均衡時 $b_5 > b_3$, 而 $b_4 > b_3$ 要求均衡時 $b_5 > b_2$, 此三項要求皆不違反第2期期望人口排序。

在已知 $E(b_{42}|B_1) > E(b_{12}|B_1)$ 的情況下, $E(c_{32}|B_1) > E(c_{22}|B_1)$, 若 $b_{32} > b_{22}$ 則不違反均衡條件; 反之, 若 $b_{22} > b_{32}$ 則違反均衡條件。第2期城市3觀察到的人口多於城市2, 因此不歧視機率較高於城市2, 然而城市3人口卻較少, 代表城市2的人口會遷入城市3, 直到相對關係達成 $b_3 > b_2$ 爲止才可能達成均衡。同理, 已知 $E(b_{12}|B_1) > E(b_{32}|B_1)$, 則 $E(c_{52}|B_1) > E(c_{42}|B_1)$, 若 $b_{52} > b_{42}$ 則不違反均衡條件; 反之, 若 $b_{52} > b_{42}$ 則違反均衡條件。第2期城市5觀察到的人口多過城市4, 因此城市5不歧視機率高過城市4, 然而城市5人口卻較少, 代表城市4的人口會遷入城市5, 直到相對關係達成 $b_5 > b_4$ 爲止才可能達成均衡。

因爲城市4和城市5爲兩個人口最多的城市, 因此兩城市間彼此人口流轉至大小關係改變爲止, 並不影響其他城市人口排序, 因此在調整的過程中仍舊保持 $b_4 > b_1$, 同理城市2和城市3爲兩個人口最少的城市, 兩城市間彼此人口流轉至大小關係改變爲止, 並不影響其他城市人口排序, 因此在調整的過程中仍保持 $b_1 > b_3$, 而 $b_1 > b_3$ 恰好是 $b_5 > b_2$ 的要求, 而 $b_4 > b_1$ 恰好是 $b_2 > b_2$ 的要求, 且兩要求在調整過程中仍舊維持。

由此可知, 若不再有衝擊, 隨時間經過各城市人口會調整到 $b_5 > b_4 > b_1 > b_3 > b_2$, 並保持穩定, 而無法回歸均等分佈。

臺灣大學學術期刊資料庫

(3) 山峰狀分佈均衡之穩定性分析

若均衡分佈爲山峰狀, 可知城市 i 和城市 j 間人口差距爲 $(r_i - r_j/r_i - r_{ij})b_i > 0$, 其中 $i > j$ 且 $a_{ij} = 1$, 而第2期各城市的變動差距不會超過 2δ, 因此只要 δ 夠微小, 則變動後各城市仍能保持相對大小不變。

令 $E[\Delta c_{it}|B_1] = \|E[c_{it+1} - c_{it}|B_t]\|$, 則第2期初期各城市期望觀察到的人口數變化如下:

$$
\begin{aligned}
E\left[\Delta c_{n1}|B_1\right] &= \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{12,0}\right) b_1^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{12,0}\right) b_2^* v_1 < \frac{1}{5}\delta, \\
E\left[\Delta c_{11}|B_1\right] &= \frac{1}{2}\left[\left(\Delta r_{23,0}\right)\left(b_2^* - b_3^*\right) + \left(\Delta r_{20}\right) b_3^* + \delta\left(r_{21} - r_{23,1}\right)\right] v_1 \\
&< \frac{9}{20}\delta, \\
E\left[\Delta c_{21}|B_1\right] &= \delta - \delta\left(r_{30} - r_{34,0}\right) v_1 < \delta, \\
E\left[\Delta c_{31}|B_1\right] &= \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{12,0}\right) b_1^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{12,0}\right) b_2^* v_1 \\
&+ \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{45,0}\right) b_4^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{45,0}\right) b_5^* v_1 \\
&+ \frac{1}{2}\delta\left(r_{51} - r_{45,1}\right) v_1 < \frac{13}{20}\delta, \\
E\left[\Delta c_{41}|B_1\right] &= \frac{1}{2}\left(\Delta r_{23,0}\right) b_2^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{20} - \Delta r_{23,0}\right) b_3^* v_1 \\
&+ \frac{1}{2}\delta\left(r_{21} - r_{23,1}\right) v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{56,0}\right) b_6^* v_1 \\
&+ \frac{1}{2}\left(\Delta r_{56,0}\right) b_5^* v_1 < \frac{13}{20}\delta, \\
E\left[\Delta c_{51}|B_1\right] &= \delta - \delta\left(r_{30} - r_{340}\right) v_1 < \delta, \\
E\left[\Delta c_{61}|B_1\right] &= \frac{1}{2}\left[\left(\Delta r_{50}\right) b_4^* + \left(\Delta r_{45,0}\right)\left(b_5^* - b_4^*\right) + \delta\left(r_{51} - r_{45,1}\right)\right] v_1 \\
&< \frac{9}{20}\delta, \\
E\left[\Delta c_{71}|B_1\right] &= \frac{1}{2}\left(\Delta r_{50} - \Delta r_{56,0}\right) b_6^* v_1 + \frac{1}{2}\left(\Delta r_{56,0}\right) b_5^* v_1 < \frac{1}{5}\delta,
\end{aligned}
$$

其餘城市期望觀察人數與與第0期相同。

由此可知, 原先 δ 的衝擊到了第2期初期雖然受影響的城市變多, 但各

臺灣大學學術期刊資料庫

城市觀察到的人口變動量皆小於 δ, 隨時間經過各城市的變動會越來越微幅, 直至再次達成均衡, 而此均衡仍能維持原先的相對形狀。

綜觀上述 (2) 和 (3), 均等分佈在受到衝擊後, 相對大小即被改變, 且不會回歸原先均衡, 因此爲一不穩定的均衡。而山峰狀分佈在受到微小衝擊後, 仍能保持相對排序不變, 因而有機會調整回原先均衡, 因此爲一較均等分佈穩定之均衡。

附錄3: 命題10證明

假定原先分佈已達均衡, v_2 增加會使大城市流入小城市的期望人口增加, 同時會使小城市流入大城市的期望人口增加, 並破壞均衡。大城市流入小城市的期望人口增額爲

$$\Delta v_2 \left[\frac{1}{2} \left(1 - r_2 - r_3 + 2r_{23}\right) b_3 \right],$$

小城市流入大城市的期望人口增額爲

$$\Delta v_2 \left[\frac{1}{2} \left(1 - r_2 - r_3 + 2r_{23}\right) b_2 \right],$$

已知 $b_3 > b_2$, 因此若 $\Delta v_2 > 0$, 則大城市流入小城市的期望人口增額較多, 使大城市人口往小城市流動。

v_3 增加同樣會使大城市流入小城市的期望人口增加, 同時也會使小城市流入大城市的期望人口增加, 從而破壞原均衡。大城市流入小城市的期望人口增額爲

$$\Delta v_3 \left[\frac{1}{2} \left(r_3 - r_{23}\right) b_3 \right],$$

小城市流入大城市的期望人口增額爲

$$\Delta v_3 \left[\frac{1}{2} \left(r_2 - r_{23}\right) b_2 \right],$$

已知 $b_3 > b_2$ 且 $r_3 - r_{23} > r_2 - r_{23}$, 因此若 $\Delta v_3 > 0$, 則大城市流入小城市的期望人口增額較多, 使大城市人口往小城市流動。

綜合上述可知, v_2 和 v_3 的上升皆會使大城市人口往小城市遷移, 因此相較原均衡, 新的均衡會停在更爲分散的分佈。由此可知, 當犯錯機率越大時, 少數族群分布會越分散。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄 4: 命題 11 證明

假定原先已達均衡分佈, v_1 增加會使大城市流入小城市的期望人口增加, 同時會使小城市流入大城市的期望人口增加, 並破壞均衡。大城市流入小城市的期望人口增額爲

$$\Delta v_1 \left[\frac{1}{2} (r_2 - r_{23}) b_3 \right],$$

小城市流入大城市的期望人口增額爲

$$\Delta v_1 \left[\frac{1}{2} (r_3 - r_{23}) b_2 \right],$$

已知均衡時,

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{2} \left[(r_3 - r_{23}) v_1 + (1 - r_2 - r_3 + 2r_{23}) v_2 + (r_2 - r_{23}) v_3 \right] b_2 \\
&\quad = \frac{1}{2} \left[(r_2 - r_{23}) v_1 + (1 - r_2 - r_3 + 2r_{23}) v_2 + (r_3 - r_{23}) v_3 \right] b_3, \\
&\quad \frac{1}{2} (1 - r_2 - r_3 + 2r_{23}) b_3 v_2 > \frac{1}{2} (1 - r_2 - r_3 + 2r_{23}) b_2 v_2, \\
&\quad \frac{1}{2} (r_3 - r_{23}) b_3 v_3 > \frac{1}{2} (r_2 - r_{23}) b_2 v_3,
\end{aligned}$$

由此可判斷出均衡時,

$$\frac{1}{2} (r_2 - r_{23}) b_3 v_1 < \frac{1}{2} (r_3 - r_{23}) b_2 v_1,$$

因此若 $\Delta v_1 > 0$, 則小城市流向大城市的期望人口增額較多, 使小城市人口往大城市流動, 因此相較原均衡, 新的均衡會停在更爲集中的分佈, 由此可知, 當 v_1 越大時, 少數族群分布會越集中。

附錄 5: 命題 15 證明

一樣假設四個相鄰的城市 1、2、3、4, 其中數字相鄰的城市彼此有直接連結, 而城市 1 和城市 4 並未有直接連結。並假設 $b_3 > b_2$, 因此 $b_4 > b_1$。以城市 2 和城市 3 爲例, 認定 v_2 和 v_3 相對微小, 只考慮 v_1。並定義城市 i 歧視的事件爲 D_i, 城市 i 不歧視的事件爲 $\overline{D_i}$。

臺灣大學學術期刊資料庫

原設定下, 城市2流入城市3的期望人數爲

$$\frac{1}{2}Pr\left(\overline{D_1}\cap D_2\cap\overline{D_3}\right)b_2v_1+\frac{1}{2}Pr\left(D_1\cap D_2\cap\overline{D_3}\right)b_2v_1。$$

城市3流入城市2的期望人數爲

$$\frac{1}{2}Pr\left(\overline{D_2}\cap D_3\cap\overline{D_4}\right)b_3v_1+\frac{1}{2}Pr\left(\overline{D_2}\cap D_3\cap D_4\right)b_3v_1。$$

模型修改後, 假若居於受歧視城市者會優先選擇不歧視的城市搬遷, 若兩鄰近城市皆爲不歧視城市, 才會隨機搬遷。修正設定下, 城市2流入城市3的期望人數爲

$$\frac{1}{2}Pr\left(\overline{D_1}\cap D_2\cap\overline{D_3}\right)b_2v_1+Pr\left(D_1\cap D_2\cap\overline{D_3}\right)b_2v_1,$$

比原先增加

$$\frac{1}{2}Pr\left(D_1\cap D_2\cap\overline{D_3}\right)b_2v_1。$$

城市3流入城市2的期望人數爲

$$\frac{1}{2}Pr\left(\overline{D_2}\cap D_3\cap\overline{D_4}\right)b_3v_1+Pr\left(\overline{D_2}\cap D_3\cap D_4\right)b_3v_1,$$

比原先增加

$$\frac{1}{2}Pr\left(\overline{D_2}\cap D_3\cap D_4\right)b_3v_1。$$

可見此修正會讓兩城市彼此流入對方城市的少數族群人口皆增加。已知 $Pr(D_2\cap\overline{D_3})b_2>Pr(\overline{D_2}\cap D_3)b_3$。若各城市獨立的話, 則可確定 $Pr(D_1\cap D_2\cap\overline{D_3})>Pr(\overline{D_2}\cap D_3\cap D_4)$, 因此小城市流向大城市的期望人口增額較多, 使大小城市人口差異變大, 人口分佈會變得較爲集中。然而各城市並非獨立而有若干相關性, 因此用模擬驗證結果。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄6: v_2、v_3 改變的模擬結果

表 2: $v_2 = 0.002$、$v_3 = 0.001$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
123.59	24.20	2.31	0.93	0.95	1.97	47.95	198.10	5,345.05
174.06	17.96	1.46	0.76	0.57	1.42	24.68	179.10	6,186.91
1.09	0.76	0.62	0.43	21.02	188.47	166.09	21.53	6,287.83

表 3: $v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
131.78	86.12	36.76	6.54	2.40	6.96	28.88	100.57	2,453.81
8.87	5.25	12.14	43.57	95.52	126.75	76.82	31.08	2,029.86
89.23	130.48	103.73	43.84	10.50	2.75	3.17	16.29	2,580.38

表 4: $v_2 = 0.02$、$v_3 = 0.01$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
107.92	51.89	20.19	14.20	11.19	26.58	76.75	91.26	1,428.78
67.84	52.57	27.55	21.89	25.69	42.22	82.37	79.85	601.32
65.64	59.90	36.45	16.56	23.00	50.83	74.34	73.29	501.31

表 5: $v_2 = 0.04$、$v_3 = 0.02$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
62.33	43.04	28.28	26.59	43.91	52.21	64.07	79.57	333.58
59.92	64.27	59.15	40.59	32.41	43.26	47.59	52.80	120.42
34.14	44.18	67.41	73.75	53.72	39.74	45.26	41.81	194.50

註: * 其他其他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第2500期到第3000期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.15$、$v_1 = 0.8$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄7: v_1 改變的模擬結果

表 6: $v_1 = 0.2$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
33.08	39.34	56.22	71.42	60.80	57.92	47.21	34.01	191.45
52.30	45.36	46.44	45.77	47.96	48.01	51.10	63.05	33.85
47.48	45.57	40.42	48.61	54.06	60.04	56.47	47.36	40.82

表 7: $v_1 = 0.5$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
80.23	54.41	16.61	6.81	10.24	37.03	89.03	105.64	1,468.92
12.45	40.32	72.01	78.90	102.56	61.96	22.74	9.06	1,163.81
18.83	32.48	57.95	92.10	88.03	65.00	29.88	15.74	909.14

表 8: $v_1 = 0.8$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
131.78	86.12	36.76	6.54	2.40	6.96	28.88	100.57	2,453.81
8.87	5.25	12.14	43.57	95.52	126.75	76.82	31.08	2,029.86
89.23	130.48	103.73	43.84	10.50	2.75	3.17	16.29	2,580.38

表 9: $v_1 = 1$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var
7.44	43.85	102.60	135.52	83.26	18.16	4.65	4.53	2,596.14
14.35	1.88	2.96	12.48	43.49	93.36	142.95	88.53	2,750.49
3.88	19.67	95.75	155.90	94.28	26.22	2.79	1.51	3,351.47

註: * 其他參數控制如 下$b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第2500期到第3000期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.15$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄8: 少數族群總人數改變的模擬結果

表 10: $b_{i0} = 20$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	CV
3.97	3.09	4.31	17.74	35.71	54.57	29.61	11.00	17.21
5.24	2.06	2.36	4.77	9.43	42.42	64.02	29.70	26.64
33.24	59.33	30.13	11.47	6.34	5.73	3.45	10.31	18.97

表 11: $b_{i0} = 50$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	CV
131.78	86.12	36.76	6.54	2.40	6.96	28.88	100.57	49.07
8.87	5.25	12.14	43.57	95.52	126.75	76.82	31.08	40.60
89.23	130.48	103.73	43.84	10.50	2.75	3.17	16.29	51.61

表 12: $b_{i0} = 80$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	CV
69.81	85.92	126.05	140.33	93.33	35.36	33.02	56.18	19.36
104.46	148.53	141.97	97.91	38.17	20.82	27.30	60.84	31.88
132.07	131.05	130.22	101.75	25.86	12.05	19.82	87.19	34.88

表 13: $b_{i0} = 120$

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	CV
109.34	137.18	128.23	127.61	120.79	109.97	108.85	118.03	0.73
99.57	140.41	129.84	104.12	107.99	133.93	133.72	110.42	1.72
134.47	125.97	125.62	127.01	127.63	94.88	99.41	125.00	1.39

註: * 其他參數控制如下 $t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第2500期到第3000期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.15$、$v_1 = 0.8$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄9: q 改變的模擬結果

表 14: 隨機探尋鄰近城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
79.50	64.12	43.79	28.78	26.75	34.57	53.87	68.61	385.49	11
27.53	53.78	67.41	73.03	52.73	44.26	47.63	33.64	238.03	7
77.90	77.08	48.90	31.93	28.40	34.81	37.08	63.89	413.88	12
39.91	35.54	47.78	53.61	61.67	58.89	52.58	50.02	78.71	2
68.17	42.87	46.75	33.64	30.82	45.90	66.54	65.31	221.67	6
90.43	59.95	37.04	37.30	31.27	27.08	42.65	74.29	511.85	14
53.78	57.49	51.31	43.98	42.60	44.48	56.10	50.28	32.97	1
56.85	50.93	58.61	41.39	30.70	33.57	53.55	74.40	206.67	5
39.07	47.47	44.36	57.60	61.39	65.27	45.56	39.28	101.84	4
44.77	45.86	50.28	53.27	67.98	56.39	41.99	39.46	84.97	3
總和	—	—	—	—	—	—	—	2,276.10	65

表 15: 優先選擇不歧視城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
48.65	61.89	81.60	81.34	46.31	17.33	30.47	32.41	556.63	16
50.00	42.59	44.28	86.87	55.69	36.76	38.33	45.48	258.79	8
20.63	29.46	41.29	112.82	111.19	47.00	21.58	16.02	1,574.68	20
30.02	40.67	95.95	59.75	49.44	58.61	35.73	29.82	482.52	13
28.36	45.16	56.81	61.41	89.71	43.96	43.68	30.91	383.73	10
16.86	26.13	44.48	94.48	89.80	54.51	42.49	31.24	812.86	18
22.46	36.84	77.87	84.04	95.38	38.77	23.44	21.19	941.23	19
29.60	52.96	83.61	91.09	68.77	32.10	23.71	18.17	802.88	17
25.33	43.89	58.84	66.78	65.14	74.67	39.92	25.42	364.19	9
52.56	66.76	73.34	80.10	53.80	27.57	18.61	27.26	536.83	15
總和	—	—	—	—	—	—	—	6,714.30	145

註: * 其他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第2500期到第3000期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.11$、$v_1 = 0.8$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 16: 隨機探尋鄰近城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
42.22	25.91	35.48	47.75	76.49	75.40	65.13	31.61	395.84	2
34.87	78.95	103.70	85.75	36.40	19.85	18.99	21.50	1,156.66	12
45.88	84.62	92.70	72.01	31.19	21.21	16.39	35.99	861.76	10
89.61	73.73	22.66	20.95	21.74	39.23	71.19	60.89	743.71	7
73.76	33.93	29.98	15.98	25.15	45.15	85.54	90.49	846.37	8
46.09	46.25	74.71	65.67	56.55	45.06	32.54	33.12	220.40	1
26.92	21.37	31.25	30.64	61.84	97.06	88.75	42.17	856.76	9
31.00	18.34	12.31	18.93	73.09	111.16	86.73	48.45	1,339.28	15
105.15	62.82	53.75	37.88	37.47	23.03	22.76	57.14	720.62	6
78.18	44.03	22.28	26.46	32.76	70.35	62.11	63.83	457.39	4
總和	—	—	—	—	—	—	—	7,934.90	74

表 17: 優先選擇不歧視城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
40.41	12.74	5.27	7.53	24.46	53.61	110.55	145.43	2,674.55	20
38.85	54.98	49.26	51.38	54.72	93.46	36.20	21.17	440.56	3
5.41	6.87	10.41	22.89	83.67	106.90	128.93	34.92	2,425.60	19
105.73	24.88	8.27	6.00	17.56	62.91	66.03	108.61	1,760.77	18
37.83	33.66	31.84	12.74	24.90	54.97	110.98	93.07	1,194.55	14
24.87	38.51	8.76	28.14	103.00	115.26	60.45	21.00	1,565.76	17
45.49	22.22	9.67	19.18	29.19	76.82	110.45	86.96	1,363.06	16
13.00	24.11	39.35	41.00	75.05	95.65	96.16	15.68	1,179.05	13
10.62	19.85	80.70	99.44	57.35	78.43	33.49	20.11	1,124.86	11
52.39	50.65	28.89	28.20	25.79	45.78	79.04	89.26	559.42	5
總和	—	—	—	—	—	—	—	14,288.20	136

註: *其他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第 2500 期到第 3000 期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.12$、$v_1 = 0.08$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 18: 隨機探尋鄰近城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
131.78	86.12	36.76	6.54	2.40	6.96	28.88	100.57	2,453.81	6
8.87	5.25	12.14	43.57	95.52	126.75	76.82	31.08	2,029.86	2
89.23	130.48	103.73	43.84	10.50	2.75	3.17	16.29	2,580.38	9
77.83	28.40	5.17	2.23	10.42	48.61	113.40	113.92	2,172.30	4
4.34	7.45	37.76	104.97	109.68	95.57	31.86	8.38	2,109.49	3
9.09	51.18	109.90	130.24	70.19	23.18	2.80	3.43	2,460.55	7
3.32	19.33	75.23	121.20	119.19	53.09	7.06	1.59	2,544.32	8
5.97	45.42	103.12	100.29	98.77	38.90	5.89	1.64	2,013.76	1
20.65	91.53	123.69	104.62	27.92	12.77	9.61	9.23	2,309.44	5
31.83	4.72	2.55	4.03	24.30	105.94	119.29	107.35	2,660.70	10
總和	—	—	—	—	—	—	—	23,334.60	55

表 19: 優先選擇不歧視城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
103.96	167.42	79.85	13.01	1.12	1.37	5.15	28.12	3,743.39	17
6.01	47.37	117.69	136.78	72.07	16.05	3.14	0.90	2,900.02	11
155.70	145.66	59.34	6.42	0.85	0.81	1.93	29.29	4,269.13	20
136.43	153.59	55.50	7.05	1.11	1.15	2.92	42.26	3,875.22	18
19.46	2.09	0.49	3.09	24.14	118.41	131.55	100.78	3,208.18	13
27.80	117.88	145.62	87.12	14.76	1.25	1.32	4.26	3,385.99	16
51.43	7.04	1.42	0.91	3.38	34.98	146.21	154.63	4,174.22	19
114.07	26.44	1.04	0.58	1.69	18.30	98.10	139.77	3,315.74	14
1.43	1.29	20.04	107.65	140.86	94.10	29.29	5.35	3,082.17	12
22.41	103.22	143.60	106.28	21.21	1.14	0.51	1.63	3,360.97	15
總和	—	—	—	—	—	—	—	35,315.00	155

註: * 其他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第 2500 期到第 3000 期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.15$、$v_1 = 0.8$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 20: 隨機探尋鄰近城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
70.23	79.19	68.31	56.77	43.48	20.16	26.28	35.58	478.05	3
27.83	5.53	11.14	57.51	89.84	70.09	63.42	74.64	973.40	5
92.36	88.08	59.28	20.96	5.58	10.44	29.17	94.13	1,441.71	11
93.58	88.80	70.12	55.18	14.92	3.66	14.49	59.26	1,222.93	9
61.34	22.93	28.44	52.56	60.51	48.56	58.08	67.59	259.99	1
27.01	7.82	13.05	44.04	77.58	100.59	75.86	54.04	1,102.00	6
72.94	88.16	55.15	44.74	36.91	33.83	33.12	35.15	424.97	2
56.11	88.58	88.59	78.10	57.11	11.98	4.71	14.82	1,227.15	10
81.92	83.97	53.48	60.78	33.06	13.25	18.15	55.39	711.69	4
4.57	18.07	65.88	75.53	84.73	86.65	51.99	12.59	1,134.28	7
總和	—	—	—	—	—	—	—	8,976.20	58

表 21: 優先選擇不歧視城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
2.30	17.51	74.76	107.14	120.56	67.48	8.87	1.38	2,364.03	18
90.38	56.34	7.03	1.17	6.35	47.55	90.19	100.99	1,718.42	13
105.97	107.99	45.71	5.62	0.62	5.41	44.85	83.84	2,011.79	16
32.72	3.43	1.32	10.82	63.18	92.12	105.43	91.00	1,867.60	15
24.46	60.66	97.53	125.38	71.85	15.44	1.84	2.85	2,131.79	17
115.00	100.97	26.30	3.23	1.16	5.32	30.63	117.39	2,695.59	20
70.39	95.78	104.40	78.02	34.05	3.17	1.05	13.15	1,779.40	14
13.86	48.25	92.53	91.84	93.01	46.48	7.24	6.80	1,489.25	12
8.69	52.93	79.54	73.81	85.23	78.19	18.67	2.93	1,198.29	8
132.57	76.83	16.38	1.86	1.26	10.72	58.80	101.57	2,519.93	19
總和	—	—	—	—	—	—	—	19,776.10	152

註: * 其他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第 2500 期到第 3000 期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.16$、$v_1 = 0.8$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

臺灣大學學術期刊資料庫

表 22: 隨機探尋鄰近城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
55.33	48.67	48.42	47.63	46.74	51.34	48.59	53.28	9.06	1
53.61	42.01	53.75	54.39	48.20	56.44	44.50	47.10	27.67	10
54.15	51.55	40.74	44.28	40.47	54.94	56.94	56.93	49.94	17
53.38	50.69	45.66	48.96	46.80	46.59	53.23	54.69	12.31	4
57.17	42.86	48.92	48.83	48.83	54.54	50.91	47.95	18.84	7
55.38	50.50	51.58	47.85	44.13	48.58	43.12	58.86	28.37	11
53.50	45.12	49.77	47.51	50.53	49.49	47.67	56.41	12.77	5
50.09	50.03	53.52	56.22	48.78	47.21	47.31	46.84	11.10	2
56.34	39.79	33.77	51.96	54.00	59.43	53.84	50.88	76.06	19
58.61	53.55	57.16	47.80	47.40	42.38	50.60	42.48	37.80	14
總和	—	—	—	—	—	—	—	283.90	90

表 23: 優先選擇不歧視城市

b_{1t}	b_{2t}	b_{3t}	b_{4t}	b_{5t}	b_{6t}	b_{7t}	b_{8t}	Var	混合排序
56.29	49.64	46.43	43.80	45.36	45.29	57.56	55.63	31.92	12
38.13	50.32	52.30	40.85	50.22	62.24	51.45	54.49	57.45	18
50.41	49.32	44.65	43.52	56.31	48.86	57.37	49.55	23.83	9
59.17	54.46	28.52	33.56	52.29	53.17	48.39	70.45	181.69	20
51.07	45.70	55.78	58.55	35.48	51.04	50.90	51.49	48.71	16
44.90	57.03	56.07	56.25	48.29	39.31	46.45	51.69	40.55	15
51.23	51.88	50.17	45.34	46.10	52.05	55.73	47.51	12.19	3
49.91	50.69	56.01	49.19	51.29	47.52	41.96	53.44	17.37	6
44.15	53.54	46.82	53.08	54.58	49.10	54.38	44.35	19.90	8
44.65	47.66	60.94	56.45	46.83	45.86	45.08	52.53	36.17	13
總和	—	—	—	—	—	—	—	469.80	120

註: * 其他參數控制如下 $b_{i0} = 50$、$t = 2500 - 3000$、b_{it} = 第 2500 期至第 3000 期各城市少數族群平均人數、$p = 0.1$、$q = 0.19$、$v_1 = 0.8$、$v_2 = 0.01$、$v_3 = 0.005$、$n = 8$。

參考文獻

Andersson, Lisa, Niklas Jakobsson, and Andreas Kotsadam (2012), "A Field Experiment of Discrimination in the Norwegian Housing Market: Gender, Class, and Ethnicity," *Land Economics*, 88, 233–240.

Ayres, Ian and Peter Siegelman (1995), "Race and Gender Discrimination in Bargaining for a New Car," *American Economic Review*, 85, 304–321.

臺灣大學學術期刊資料庫

Bengtssona, Ragnar, Ellis Ivermana, and Bjorn Tyrefors Hinnerich (2012), "Gender and Ethnic Discrimination in the Rental Housing Market," *Applied Economics Letters*, 19, 1–5.

Bertrand, Marianne and Sendhil Mullainathan (2003), "Are Emily and Greg More Employable Than Lakisha and Jamal? A Field Experiment on Labor Market Discrimination," NBER Working Paper, No. 9873.

Coate, Stephen and Glenn Cartman Loury (1993), "Will Affirmative-Action Policies Eliminate Negative Stereotypes?" *American Economic Review*, 83, 1220–1240.

Drydakis, Nick (2011), "Ethnic Discrimination in the Greek Housing Market," *Journal of Population Economics*, 24, 1235–1255.

Grant, Gerald (1988), *The World We Created at Hamilton High*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lang, Kevin and Michael Manove (2011), "Education and Labor-Market Discrimination," *American Economic Review*, 101, 1467–1496.

Pager, Devah (2003), "The Mark of A Criminal Record," *American Journal of Sociology*, 108, 937–975.

Schelling, Thomas Crombie (1971), "Dynamic Models of Segregation," *Journal of Mathematical Sociology*, 1, 143–186.

——— (1978), *Micromotives and Macrobehavior*, New York: Norton.

Voigtlander, Nico and Hans-Joachim Voth (2013), "Married to Intolerance: Attitudes Toward Intermarriage in Germany, 1900–2006," *American Economic Review*, 103, 79–85.

投稿日期: 2013年8月22日, 接受日期: 2014年2月20日

臺灣大學學術期刊資料庫

Analysis of the Demographic Distribution of the Minority Groups Facing Discrimination under Incomplete Information

Wan-Ju Wang

Department of Economics, National Taiwan University

Wei-Torng Juang

Institute of Economics, Academia Sinica

Racial clustering is common in a multiracial society. One possible explanation is that people prefer their own kind. This paper constructs a model in which the majority group discriminates against the minority group purely based on the latter's crime rate instead of other outer characteristics such as race or skin. We find that even though the crime rates of all groups are equal ex ante, the minority group still tends to cluster. This is so because the majority group could still discriminate against the minority group due to misjudgments under incomplete information. Such misjudgments come from the high variation of crime rates in small samples. Therefore, the minority group can reduce the probability of being discriminated against by clustering to reduce the variation of its crime rate. We also illustrates the effect other relevant parameters have on the minority group's clustering behavior and test the results with simulations.

Keywords: incomplete information, networks, discrimination, clustering
JEL classification: C62, D85, J15

臺灣大學學術期刊資料庫