

支援母豬更新決策之推測式動態規劃

Source: Huirne, R. B. M. and A. A. Dijkhuizen. 1993. Stochastic dynamic programming to support sow replacement decisions. European Journal of Operational Research 67: 161-171.

范文彬 阮喜文

一、摘要

本文主要介紹如何使用個人電腦來執行推測式動態規劃模式，以協助種豬場對母豬更新作最適之經濟決策。所謂最適經濟決策，就是如何控制場內母豬或更新女豬，使每年的淨報酬現值能高於場內所訂定的標準。

一般的動態規劃可分為真實式與推測式兩類。

真實式的動態規劃過程包括大量的狀態(state)及決策(decision)變數。而最重要的是，該如何在這許多複雜的變數中找出最佳函數，以獲得最滿意的結果。

因此，一種替代性的推測式動態規劃模式的架構被發展及評估，以吻合實際的需要。此外敏感性分析，可讓使用者更加的洞察其問題的所在，亦使模式規模變小的可能性升高，以減少計算所需的時間。

二、前言

商業豬場主要分為兩種：一是專門從事繁殖仔豬的豬場，二是所謂的肉豬肥育場。而在仔豬繁殖場中，最常面對的困擾就是如何在最適當的時機將場內生產性能不良的母豬淘汰，而以新女豬來替代生產，使

豬場的生產效率提高。

舉例來說，荷蘭的豬場每一年有將近 43-55% 的母豬被淘汰。而這些母豬被淘汰的原因，有：受精失敗、窩仔數太小(出生活仔數太低)、疾病、意外、跛腳或腿弱等毛病。

若要正確實施更新決策，同時考慮母豬的生物特性及經濟性狀的變數是必要的，但在同畜群之下，母豬更新決策系統上，考慮經濟性狀比生物的特性優先。

當一隻母豬生產性能不佳時，場主會考慮更換一隻新女豬以提昇生產效益獲取更高的利潤，但是如何取捨母豬的去留，一直為豬場所困擾。

本文之目的在敘述一個作為母豬更新決策的推測式動態規劃程式。

三、母豬更新模式概論

推測式動態規劃運算模式，可用來(1)將種母豬一生中的經濟性狀予以數量化。(2)將低生產效益的母豬(繁殖性能不好的母豬)，決定出最適的更新策略。

此推測性的目標函數公式，可說明不隨意淘汰的理由(如因疾病、死亡而淘汰的母豬)和個別母豬間繁殖性能或生產性能上的差異。

在最初的階段，我們只需輸入一些生產性能上的標準，則動態規劃就會算出下一階段生產水準的分佈，就如同前面所提，這模式可規劃在電腦上使用，由電腦依據預設值執行，當然也允許使用者輸入所有考慮變數，如此可容易的調整適合各國不同豬場的狀況。

更新母豬的繁殖性能一開始被假設和淘汰的母豬無關，因此在任

何時更新的女豬都被假設成有相同的母體特性和生產性能，在這個前提之下，任何一隻母豬的表現都是和場內共同標準來加以比較。

使用電腦更新決策模式可以幫助場主解決這複雜的問題。因為動態規劃在處理任何有關最佳範圍、最佳狀態、及最佳目標的問題，一直是一項最佳的工具。不管我們所統籌的範圍有多大，動態規劃總是能根據其問題的特性，找出最佳的目標函數以及不同變數來加以解決。

動態規劃的最大特性為：一.非線性的目標函數。

二.機率性或推測性的結果。

因此動態規劃用來計算母豬生物特性的變數，是一項最佳的技術，且特別適合讓電腦來處理這類複雜而大量的變數。動態規劃演算法需要大量的計算式來分析，以及重覆的算式，而電腦模式通常可以將這複雜的計算，用很簡潔的方式算出結果來。

通常我們把母豬更新決策當做是一種策略性的問題。在任何實行更新決策的時刻，稱為決策時刻(Decision moment)，而實行決策的步驟就稱為決策方針(policy)，而最有力的策略，就稱為最適決策(optimal policy)。最適更新決策所提供的知識及生物特性和經濟指數，可以幫助育種者在管理上有更多的協助。

四、母豬更新模式架構

$$V_t(X_t) = S(X_t) \quad (\text{for } t = T), \quad (1)$$

$$V_t(X_t) = (1 - PI(X_t)) \times \{\text{Maximum}[VK_t(X_t), VR_t(X_t)]\} \\ + PI(X_t) \{S(X_t) + VG_tT - FL\} \quad (\text{for } 2 \leq t \leq T - 1), \quad (2)$$

$$V_t(X_t) = -CG + (1 - PI(X_t)) \times \{\text{Maximum}[VK_t(X_t), VR_t(X_t)]\} +$$

$$PI(X_t)\{S(X_t) + VG_tT - FL\} \quad (\text{for } t = 1), \quad (3)$$

其中

$$VK_t(X_t) = \delta \left[PC(X_t) \sum_{n=4}^{16} \{PL(X_t, n)(G_t(X_t, n) + V_{t+\alpha}(T_t(X_t, n)))\} \right. \\ \left. + (1 - PC(X_t)) \times \{G_t(X_t, 0) + V_{t+\beta}(T_t(X_t, 0))\} \right], \quad (4)$$

$$VR_t(X_t) = S(X_t) + VG_tT, \quad (5)$$

參數對照表

X_t = 母豬在 stage(t) 的狀態之向量。

$V_t(X_t)$ = 母豬在 stage(t) 開始時之起始狀態，給予最佳更新策略下，以後階段之期望淨報酬之最大現值。

$VK_t(X_t)$ = stage(t) 時決定保留母豬，並給予以後階段最佳更新策略時，現階段母豬之期望淨報酬現值。

$VR_t(X_t)$ = stage(t) 時決定以女豬更新，並給予以後階段最佳更新策略時，現階段母豬之期望淨報酬現值。

VG_tT = 最佳策略下，更新女豬由 stage(t) 到結束時的期望淨報酬現值。

$PI(X_t)$ = 母豬於 state(X_t) 中，stage(t) 開始時之不隨意淘汰的邊際機率。

$PC(X_t)$ = 非懷孕母豬於 state(X_t) 中，stage(t) 開始時，受胎的邊際機率。

$PL(X_t, n)$ = 懷孕母豬於 state(X_t) 中，stage($t + \alpha$) 時出生 n 頭活仔數的機率。 $(4 \leq n \leq 16)$

α = 兩個連續成功配種間的天數 (平均 153 天)。

$G_t(X_t, n)$ = State(X_t) 中，stage($t + \alpha$) 時，出生 n 頭活仔豬的保留母豬於 stage(t) 與 stage($t + \alpha$) 間之淨報酬， $n=0$ 表示母豬在 stage(t) 和 ($t + \beta$) 之間有表現出受胎失敗的現象。

β = 不成功配種與再配種間的天數。 (平均 21 天)

$T_t(X_t, n)$ = 轉換函數。如 $state(X_t)$ 下之母豬，於 $stage(t+\alpha)$ 時之出生活仔數為 n 頭，則 $state X_{t+\alpha} = T_t(X_t, n)$ 。如 $n=0$ ，代表母豬於 $state(X_t)$ 時無受胎，並於 $stage(t+\beta)$ 時再度發情，此時 $state X_{t+\beta} = T_t(X_t, 0)$

$S(X_t)$ = 母豬在 $state(X_t)$ 的屠體價值。

FL = 不隨意淘汰之母豬，其額外損失的價值。

CG = 育成更新女豬的成本。

δ = 折算率。

五、階段和狀態的變數

母豬的狀況距陣(X_t)，通常可由下列四個變數組成

I_t = 胎數 (parity number)	$I = 0 \sim 10$
J_t = 前一胎次的生產水準	$J = 4 \sim 16$
K_t = 第一胎以外之前一胎次的生產水準	$K = 4 \sim 16$
L_t = 目前胎次下配種失敗的次數	$L = 0 \sim 3$

根據表一，我們可知一頭母豬一生中的可能繁殖狀態有 5633 種之多。若一頭母豬交配到第四次還沒有受胎的話，則淘汰之。所有的母豬在第十胎離乳之後，不管任何狀況都必須淘汰。平均每一頭母豬的繁殖壽命(包括懷孕期間及泌乳期間)可以有 1580 天之多，約 4.3 年。

表1 母豬各種狀況變數的可能值

母豬胎數	各種狀況變數				所有可能狀況的總數
	It	Jt	Kt	Lt	
1	0	-	-	0-3	4
2	1	4-16	-	0-3	52
3-10	2-9	4-16	4-16	0-3	5408
11	10	4-16	4-16	0	169
總計					5363

六、經濟數值

只要母豬下一胎次所表現的邊際淨報酬現值高於更新女豬所表現的平均淨報酬現值時，就會一直被保留下來。一旦母豬被保留，則女豬的收入潛能則難以得知，因此可視為延期更新的機會成本。

此更新模式的變動報酬包括出生活仔豬隻數的價值，及淘汰母豬的屠體價值。而主要的變動成本則包括女豬的更新費用及飼料費用，固定成本則包含畜舍、土地、設備、勞力。

當接受更新決策時，所有母豬的成本及利潤可視為相同，因此可忽略其數值。母豬的屠體價值係以每公斤活體計算。而不隨意淘汰造成屠體價值的損失，其中包括了因疾病而造成屠體價值的低落，以及淘汰前的獸醫處理費用。

七、變數的機率性

在模式中，最適宜的更新策略中包函了保留母豬之不隨意淘汰的

風險。而母豬不隨意淘汰的邊際機率跟母豬本身生產的胎數有關，當然隨著母豬生產的胎數越多，其不隨意淘汰的機率也越大，而造成這些不隨意淘汰的原因包括感染疾病、發生意外死亡、不良的母性、跛腳、腿弱、以及死亡等。

至於受胎的邊際機率，則和其某特定胎次配種失敗的次數有相關性。

窩仔數的機率則和胎次與母豬先前的產仔記錄有關(前兩胎次的窩仔數通常較少，而 3-6 胎的窩仔數則為最顛峰的狀態)，且其產仔數的多寡，也和前一胎次的仔豬數有正相關(第一胎除外)。因此，窩仔數的記錄的計算係根據母豬的平均窩仔數與相關之標準偏差而來。

八、結論

就如同本文所述，動態規劃是處理豬場更新決策的最佳技術，因為他可將家畜的生物變數予以計算。如非自發性的淘汰、受精的時刻、窩仔數等的推測變數都是動態規劃模式中生物變數的最佳範例。動態規劃的缺點是當狀況或決策向量含大量成份時，處理起來會顯得非常煩雜。

電腦計算的時間和記憶體容量的需求，常是評估動態規劃過程中解決問題成功與否的重要條件。包括母豬更新的問題在內其演算的式子是相當的繁雜累贅。事實上，碰到決策問題時，通常會將問題盡量予以簡化以迎合模式的標準條件。

Kennedy(1986)曾提出一些替代性的方法。基本上，還是以動態規劃的架構為基礎，且也包括之前所提到的 state 及 stage，只是其變數有所減少，使模式的規模縮小容易被接受。使用此簡化過的動態規劃模式，雖然可避免大量的變數及算式的繁雜，但是它的準確性卻是仍有待商榷。例如將允准的配種次數從四次減少到一次，雖可減少電腦計算的

時間，卻會有 15.7 % 的誤差，並使畜群中的母豬數由 50.88 % 增加至 61.26 %。

結果的準確性及電腦計算所花費的時間亦是決定動態規劃模式可行性與否的重要議題。以本文的結果所示，當採用最適更新決策時，一頭母豬的期望淨報酬現值相當於 Dfl.852(荷蘭錢幣)，若是將電腦計算的次數低於五次的話，則最適淨報酬值就會有顯著，且誤差率也會相對提高。

當然啦！電腦跑的次數越多，算出來的最適淨報酬值也會越準確，但所耗費的時間也較久。因此，想要獲得高品質的結果，相對的所耗費的時間也較多，若是要節省時間的話，則其準確率又會大打折扣。基於上述這些顧慮，有一個折衷的辦法就是當基本的算式一直被重複的運算，直到輸入和輸出的淨期望報酬現值的誤差低於 0.1 %，即可算是被接受的數值。

事實上，不同立場的使用者對於動態規劃模式的要求也有所不同，在這裡並不是意味著母豬更新模式的解答有三種不同的方式。以研究學者來說，他們重視的是更新決策模式的穩定性是否正常，以及模式中一些參數的改變對於結果會有何影響。而豬場管理者感興趣的是，母豬更新模式會提供他們什麼樣的建議，因此以豬場管理者觀點來看，模式主要的工作是如何從所有可能的最佳策略中，推論出最簡潔的建議，以協助管理者做出最佳的判斷。其他像是個別母豬決策的判斷，使用者只要輸入一些期望或估算的模式參數，則系統將會產生這些個別母豬的最適更新決策。基於上述這些理由，CHES(Computerized Herd Evaluation System for Sow) 就是順應這項趨勢所應運而生的一項系統，它可將決策支援系統的實用性擴大到任何角色的人，都能依他們的觀點而產生令人滿意的答案。