

Model Gordona-Schaefera

Modele optymalnych połowów wykraczają daleko poza proste pojęcie Maksymalnego Trwałego Przychodu MSY (*Aura* 6/12). Gdyby ignorować nakłady ponoszone na połowy, to zgodnie ze zdrowym rozsądkiem eksploatacja zasobu odnawialnego powinna polegać na utrzymywaniu go na poziomie gwarantującym Maksymalny Trwały Przychód i odławianiu dokładnie ilości odpowiadającej rocznemu przyrostowi netto. W rzeczywistości jednak nakładów tych nie można ignorować. Ekonomisci próbują zatem sformułować reguły gospodarowania zasobami odnawialnymi z uwzględnieniem faktu, że ich pozyskanie kosztuje.

W celu objaśnienia modelu Gordona-Schaefera, posłużymy się przykładem rybołówstwa, ale równie dobrze znajduje on zastosowanie w myślistwie, a także dla innych zasobów odnawialnych. Punktem wyjścia dla modelu Gordona-Schaefera jest postulat trwałości: coroczne odławianie tylko rocznego przyrostu naturalnego (bez naruszania stada podstawowego). Odłów oznaczymy jako $H(X,E)$, traktując go jako funkcję wielkości stada (X) oraz wysiłku (E) ponoszonego przez odławiających. Natomiast roczny przyrost naturalny to po prostu $dX(t)/dt$ (pochodna wielkości stada traktowanej jako funkcja czasu). Posługujemy się operacją różniczkowania, zakładając tym samym, że proces rozwoju jest ciągły w czasie. Można z tego zrezygnować, wprowadzając przyrosty skończone, ale notacja uległaby pewnemu skomplikowaniu, bez istotnego postępu w rozumieniu całego zagadnienia.

Tak więc punktem wyjścia modelu Gordona-Schaefera jest poniższe równanie różniczkowe:

$$H(X,E)=dX(t)/dt.$$

Przewiduje ono, że odłów dokładnie odpowiada przyrostowi naturalnemu. A zatem pomija ewentualne przypadki moratorium nałożonego w celu odbudowy stada, jak również ewentualne przypadki gospodarki rabunkowej, polegające na uszczuplaniu stada podstawowego.

Następnie model zostaje wzbogacony o aspekty ekonomiczne. Przyjmuje się mianowicie, że odłów ($H(X,E)=dX(t)/dt$) można sprzedać po cenie p , zaś wysiłek (E) wymaga poniesienia kosztu w . Tak więc całkowity przychód z tytułu odłowu wynosi

$$TR(E)=pH(X,E),$$

zaś całkowity koszt ponoszony dla realizacji odłowu wynosi

$$TC(E)=wE.$$

Problem decyzyjny polega na takiej organizacji odłowu, aby nadwyżka $TR(E)-TC(E)$ była jak największa.

Z matematycznego punktu widzenia zagadnienie nie stanowi dużego wyzwania. Istnieją procedury obliczeniowe, które są w stanie dostarczyć odpowiedzi po dalszej specyfikacji funkcji X oraz H . Jednak ekonomista chciałby ujrzeć i intuicyjnie zinterpretować rozwiązanie graficzne. W tym celu przyjmuje się dodatkowe założenia na funkcje X i H . Jako funkcję X (przedstawiającą mechanizm rozwoju odławianej populacji) przyjmuje się zazwyczaj znaną od XIX wieku funkcję logistyczną, której wzoru nie trzeba w tym miejscu przytaczać. Ważne jest tylko przytoczenie równania różniczkowego, które ma opisywać rozwój odławianej populacji. Jest to mianowicie równanie

$$dX(t)/dt=gX(1-X/K),$$

gdzie g oznacza maksymalną stopę przyrostu naturalnego, zaś K – maksymalną liczebność populacji, tzw. poziom nasycenia. Warto przy tej okazji odnotować, że w dwóch przypadkach przyrost naturalny jest zerowy: wtedy gdy $X=0$, albo gdy $X=K$, a więc wtedy, gdy populacji nie ma, albo wtedy, gdy osiąga swą maksymalną liczebność. Obydwa przypadki były odnotowane we wstępnym opisie gospodarki zasobami odnawialnymi (*Aura* 6/12). Warto też wreszcie zauważyć, że w równaniu logistycznym populacja będzie pozwalała na Maksymalny Trwały Przychód, jeśli osiągnie poziom $X_{MSY}=K/2$ (wynika stąd również, że $g_{MSY}=g/2$).

Jako funkcję $H(X,E)$ przyjmuje się funkcję liniową, $H(X,E)=XE$. Wzór ten wymaga pewnego komentarza. Wysiłek E – mierzony np. ilością roboczogodzin poświęconych odłowowi, wielkością statków rybackich, pojemnością sieci, czy jeszcze jakoś inaczej – da się w końcu sprowadzić do skuteczności, rozumianej jako procent wyłapanej populacji. Ten sam wysiłek pozwala na odłów 2 razy większy, jeśli odławiana populacja jest 2 razy większa. Niezależnie więc od sposobu mierzenia, będzie on w dalszej części wywodów interpretowany jako pewna liczba z przedziału $[0,1]$ – umiejętność wyłapania określonej części populacji. Koszt w stanowi cenę płaconą za jednostkę tak rozumianego wysiłku E . Jest to pewne uproszczenie, ponieważ zwiększenie wysiłku, powiedzmy, z 15% do 30% (a więc jego podwojenie) być może nie wymaga podwojenia floty rybackiej. Ale przyjęcie bardziej realistycznych założeń wymagałoby bardziej zaawansowanej matematyki bez gwarancji dla lepszego zrozumienia meritum.

Połączenie liniowej funkcji odłowu ($H(X,E)=XE$) z zasadą trwałości (odławia się tylko przyrost naturalny: $H(X,E)=gX(1-X/K)$) pozwala zapisać $XE=gX(1-X/K)$, czyli – po skróceniu przez X – $E=g(1-X/K)$. Z kolei rozwiązując to równanie względem X otrzymamy wzór na wielkość stada jako funkcję wysiłku połowowego zgodnego z zasadą trwałości:

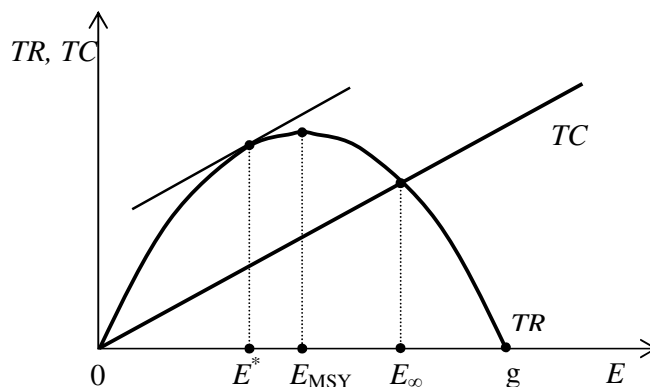
$$X=K(1-E/g).$$

Jeśli wysiłek jest zerowy, to $X=K$. Jeśli wysiłek jest maksymalny (a w zgodzie z zasadą trwałości może on być maksymalnie równy stopie przyrostu naturalnego g), to $X=0$. Jest to intuicyjnie oczywiste; jeśli się nie odławia, to stado w równowadze osiągnie swoją maksymalną liczebność K , zaś jeśli się odławia maksimum tego, co można, czyli g , to w równowadze stado zniknie.

Na koniec, podstawiając tak obliczoną wielkość stada do funkcji H otrzymamy wielkość połowu jako funkcję wkładanego wysiłku:

$$H=EK(1-E/g)=EK-E^2/g.$$

Jest to równanie kwadratowe względem E . Pomnożenie zaś odłowu przez cenę jednostkową p pozwala na zrobienie wykresu $TR(E)$, takiego jak na rys. 1. Zaznaczony jest tam również wykres $TC(E)=wE$.



Rys. 1

Na rys.1 oznaczone są wszystkie charakterystyczne poziomy wysiłku odłowu analizowane przez ekonomistów. A więc przede wszystkim E^* , dla którego przewaga korzyści nad kosztami jest największa z możliwych; jest to wariant najbardziej uzasadniony z ekonomicznego punktu widzenia. Jest też E_{MSY} – wariant przy którym wysiłek pozwala na realizację Maksymalnego Trwałego Przychodu. Jest on uzasadniony ekonomicznie tylko wówczas, gdy koszt wysiłku jest zerowy (linia TC jest pozioma). Jest wreszcie E_∞ (tzw. równowaga bionomiczna, która grozi łowiskom poddanym otwartemu dostępowi), gdzie przychód z odłowu jest całkowicie wyeliminowany przez koszty.

Pomimo uproszczeń, model Gordona-Schaefera pozwala na ciekawe analizy ekonomiczne gospodarki zasobami odnawialnymi, skąd tylko krok do sformułowania praktycznych zaleceń dla polityki ekologicznej.