

Yakala-Tekrar Yakala Yöntemine İlişkin Kapalı Populasyon Modelleri¹

Timur KÖSE², Fikret İKİZ³

Summary

Closed Population Models Related to Capture-Recapture Method

In this study, the capture-recapture method has been studied to estimate the population size in closed populations. In these populations, it is assumed that the number of individuals do not change with factors like birth, death and migration in the sampling process. Eight closed population models that are defined according to the absence and presence of the time, behavior and heterogeneity factors which cause variations in capture probabilities of the individuals, have been conceptually studied.

Key words: Capture-recapture, closed population models, population size, estimate.

Giriş

Hızla artmakta olan insan nüfusu, bir taraftan besin kaynaklarının yok olmasından dolayı açlıkla, diğer taraftan doğal ortamların bozulmasından dolayı sağlıksız yaşam şartlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, günümüzde vahşi yaşam populasyonları ile ilgilenen kuruluşların, dolayısıyla araştırmacıların sayısı artarken, beraberinde bu alanda yapılan çalışmalarda da büyük artışlar olduğu görülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalar içinde, populasyonda bulunan birey sayısını ve bu bireylerin davranış biçimlerini tahminlemeye yönelik olanlarının da önemli bir yer tuttuğu dikkat çekmektedir.

Populasyon hakkında bilgi elde etmek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi, yakala-tekrar yakala yöntemidir. Populasyon büyüklüğünü tahminlemeye yönelik olarak, yöntemin kullanımının 1700' lü yıllara kadar gittiği görülmektedir. 1930' lu yıllar sonrasında hayvan ekolojistleri ve istatistikçiler arasındaki birliktelik,

¹ Bu makale 1 nolu yazarın doktora tezinden alınmış bir bölümü içermektedir.

² Dr. E.Ü. Müh. Fak. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanı
kose@staff.ege.edu.tr

³ Prof. Dr. Müh. Fak. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

yöntemle ilgili istatistiksel modellerin gelişiminde önemli katkılar sağlamıştır. Özellikle 1970' li yıllar sonrasında bilgisayar olanaklarındaki artışla da, daha karmaşık istatistiksel modellerin kullanılabilir olması, populasyon büyüklüğünü tahminlemeye yönelik yöntemlerde büyük bir çeşitlilik yaratmıştır.

Yöntem, deneme sırasında doğum, ölüm ve göç gibi etmenler sonucunda ilk populasyon büyüklüğünün değiştiği kabul edilen açık populasyonlarda uygulanabildiği gibi, bunların kabul edilmediği kapalı populasyonlarda da uygulanabilmektedir.

Yakala-tekrar yakala yönteminin anlaşılması bakımından öncelikle, en basit ve temel uygulama olan Petersen-denemesi ve buna bağlı olarak Petersen –tahmini üzerinde durmakta yarar vardır. Deneme, bilinmeyen populasyon büyüklüğünü tahmin etmek amacıyla, kapalı bir populasyonda mümkün olduğunca çok birey yakalanacak şekilde düzenlenen iki örnekleme evresinde gerçekleştirilmektedir. Birinci evrede yakalanan bireyler, ikinci örnekleme evresinde de yakalandıklarında tanınabilecek şekilde işaretlenerek populasyona geri döndürülmektedir. Bu bireylerin, populasyondaki işaretsiz bireylerle karışması için yeterli bir süre geçtikten sonra, ikinci örnekleme evresi gerçekleştirilerek deneme tamamlanmaktadır. Bilinmeyen populasyon büyüklüğünün N , birinci ve ikinci örnekleme evresinde sırasıyla n_1 ve n_2 bireyin yakalandığı ve n_2 bireyden m_2 tanesinin birinci örnekleme evresinde yakalanmış olan işaretli bireyler olduğu kabul edilirse, bu verileri kullanarak N ' yi tahmin etmek mümkün olmaktadır. Birinci örnekteki n_1 tane işaretli bireyin, bilinmeyen populasyon büyüklüğü N ' ye oranının, ikinci örnekteki m_2 işaretli bireyin örnekteki toplam birey sayısı n_2 ' ye olan oranına eşit olacağı şeklinde basit bir mantıkla, $N = n_1 n_2 / m_2$ olarak Petersen-tahminleyicisi elde edilmektedir. Bu tahminleyici, İkiz (1981)' de değişik populasyon büyüklüğü ve yakalama olasılıkları için simulasyon yoluyla ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, Petersen yöntemiyle ilgi son çalışmalar Schwarz ve Seber (1999) tarafından değerlendirilmiştir.

Populasyondaki tüm bireylerin, yakalanma şanslarının eşit olduğu ve iki örnekleme evresinde değişmediği, populasyonun artış ve azalmalara kapalı olduğu gibi altında yatan varsayımların geçerliliği için herhangi bir testin mümkün olmaması, Petersen-tahminleyicisi için kullanım kolaylığı getirmesinin yanında, büyük bir eksiklik oluşturmaktadır. Bu eksiklik, Schnabel (1938)' in Petersen örnekleme prosedürünü genelleştirmesi ile ortaya çıkmıştır. İkidenden daha çok örnekleme evresinde ($t > 2$) gerçekleştirilen Schnabel sayımı (census),

yakalanan bireylerin, hangi evrelerde yakalandığı anlaşılacak şekilde işaretlenmesine dayanmaktadır. Böylece, yakala-tekrar yakala denemesi boyunca yakalanan tüm bireylerin, hangi örnekleme evrelerinde yakalandıklarını gösteren yakalanma hikayeleri tam olarak bilinmektedir. Populasyondaki bireylerin yakalanma olasılıklarının eşit olduğu ve tüm örnekleme evrelerinde ($t > 2$) deneme sonuna kadar değişmediği varsayımına dayalı modelleri ilk kullanan araştırmacılar Schnabel (1938) ve Darroch (1958)' tur.

Literatür incelendiğinde, dünyada çok yaygın olarak kullanılan yöntemin ülkemizde çok tanınmadığı ve buna bağlı olarak da pek kullanılmadığı dikkat çekicidir. Bu nedenle, bu çalışmada, kapalı populasyonlarda çoklu örnekleme ($t > 2$) ile gerçekleştirilen yakala-tekrar yakala denemelerindeki modellerin istatistiksel olarak irdelenmesi yerine bu modellerin oluşumu üzerinde durmanın yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu düşünceden hareketle 1. bölümde tahminleme yöntemlerine ilişkin varsayımlara, 2. bölümde tahminleme modellerinin özelliklerine ve son olarak da bazı önerilere yer verilmiştir.

1.Varsayımlar

Bilindiği gibi, tüm istatistiksel tahminleme yöntemleri bazı varsayımlara dayanmaktadır ve elde edilen tahminlerin geçerliliği, öngörülen varsayımların gerçekleşmesi ile yakından ilgilidir. Yakala-tekrar yakala yöntemine ilişkin en basit ve kısıtlı kapalı populasyon modeli;

- i) populasyon kapalıdır,
- ii) deneme boyunca bireyler işaretlerini kaybetmezler,
- iii) her bir örnekleme evresine ait işaretleme bilgileri doğru bir şekilde kaydedilmektedir,
- iv) bireylerin yakalanma şansları eşittir ve tüm evrelerde bu olasılıklar sabit kalmaktadır,

varsayımlarına dayanmaktadır. Bu dört varsayımdan ilk üçü, tüm diğer kapalı populasyon modelleri için de geçerlidir. Eşit ve sabit yakalanma olasılığı ile ilgili dördüncü varsayımın, ileride açıklanacak olan değişik faktörlere bağlı olarak gerçekleşmediği durumlarda diğer modeller oluşmaktadır.

Kapalılık varsayımının, coğrafik ve demografik olmak üzere iki bileşeni vardır (Otis ve ark. 1978). Açık populasyonlar için de kullanılabilen yakala-tekrar yakala yönteminde, sadece demografik açıklık kabul edilmektedir ve coğrafik kapalılık varsayımı bu modeller

için de geçerlidir. Coğrafik kapalılık, çalışılan alanın fiziksel olarak sınırlandırılması ile ilgili olup, gerçekleşmediği sürece, populasyon büyüklüğünü ilgilendiren alan tanımsız olduğundan, elde edilen büyüklük tahminin bir anlamı olamaz. White ve ark. (1982)' da, varsayımın, alanın büyüklüğüne oranla yetersiz tuzak kurma yada uygun örnekleme yapılmadığı durumlarda, gerçekleşmeyeceği belirtilmiştir.

Demografik kapalılık, en genel anlamda, çalışma boyunca incelenen populasyonun büyüklüğünün değişmemesi şeklinde özetlenebilir. Diğer bir deyişle, popülasyonda doğum veya iç göç gibi etkilerle artış yada ölüm veya dış göç gibi nedenlerle de azalma olmamaktadır. White ve ark. (1982)' da bu varsayımın biyolojik bir popülasyonda tam olarak gerçekleşmesinin mümkün olmadığı belirtilerek, kapalılık, hedef popülasyonda bilinmeyen herhangi bir değişiklik olmaması şeklinde tanımlanmıştır. Tuzak ölümleri gibi bilinen kayıpların varsayımı etkilemeyeceği ve uygun bir deneme düzeni ile kapalılığın en azından yaklaşık olarak sağlanabileceği belirtilmiştir.

Otis ve ark. (1978)' da, işaretlerin kaybolmasının kapalılık varsayımından uzaklaşmalara yol açtığına ve özellikle tahminlerin gerçek değer üzerinde oluşmasına neden olduğuna dikkat çekilmiştir. Yakala-tekrar yakala denemelerinin, yeterince kısa bir zaman diliminde gerçekleştirilmesi durumunda bu kayıpların büyük bir problem oluşturmayacağı ve üçüncü varsayımın ise dikkatli bir çalışma ile kolaylıkla yerine getirilebileceği belirtilmiştir.

Gerçek doğal ortamdaki hareketli popülasyonlar üzerinde Schnabel sayımı ile gerçekleştirilen yakala-tekrar yakala denemelerinde, yakalama olasılıkları üzerindeki dördüncü varsayımın genellikle gerçekleşmediği görülmüştür. Ayrıca, bilgisayar ortamında simülasyon ile gerçekleştirilen çalışmalarda, eşitlik varsayımının yerine gelmediği durumlarda, bu varsayıma dayalı tahminleyicilerin önemli derecede yanlılık (bias) gösterdiği belirlenmiştir (Gilbert, 1973; Manly, 1970). Bu türden çalışmalar, popülasyon parametrelerinin tahminlenmesinde, eşit olmayan yakalama olasılıklarını dikkate alan modellerin gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Belirli bir örnekleme evresindeki hava şartları yada yakalama tekniğindeki bir değişiklik, bireylerin yakalanma olasılıklarında zamana bağlı olarak varyasyon oluşturabilmektedir. Bireylerin yaşı, cinsiyeti, popülasyondaki sosyal sınıfı, yaşadığı çevredeki tuzak sayısı yada tuzak meraklılığı gibi yaradılış özelliklerindeki heterojenlikten dolayı,

yakalanma olasılıkları bireyden bireye farklılık gösterebilmektedir. Tüm bunların yanında, bireylerin ilk yakalanmaya karşı davranışsal tepki göstererek, tuzağa tekrar girme (trap-happy) yada tuzaktan kaçınma (trap-shy) eğilimi gösterebilirler ki, bu durum da yakalanma olasılıklarında varyasyona neden olabilmektedir. Olasılıklardaki varyasyon kaynaklarından zaman, 't', davranış, 'b' ve heterojenlik, 'h' ile temsil edilmektedir. Bu üç faktörün varlığına ve yokluğuna göre M_0 , M_t , M_b , M_h , M_{tb} , M_{th} , M_{bh} ve M_{tbh} şeklinde gösterilen, toplam sekiz değişik kapalı populasyon modeli oluşmaktadır. Bu modeller bir bütün olarak ilk kez Pollock (1974) tarafından tanımlanmış ve Otis ve ark. (1978)'nin CAPTURE bilgisayar programı ile birlikte hazırladığı bir monografda ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

2.Modellerin Özellikleri

Sekiz model içinde en basit ve kısıtlı olanı M_0 , hiç bir varyasyon kaynağını dikkate almazken, M_{tbh} tümünü dikkate alan en genel modeldir. Bu bölümde, her bir model için, geçerli oldukları populasyonda yakalanma olasılıklarının ne şekilde yorumlandığı üzerinde durulacaktır.

2.1. M_0 Modeli

Modelin geçerli olduğu populasyonda, tüm bireylerin, herbir örnekleme (tuzak) evresinde eşit yakalanma olasılığına sahip olduğu varsayılmaktadır. Buna göre, belirli bir örnekleme evresinde bireylerin yakalama olasılıkları eşit olduğu gibi, bu durum farklı evrelerde de değişmemektedir. Böylece, yakalama olasılıklarında heterojenliğin olmadığı, yakalanmaya karşı davranışsal bir tepkinin bulunmadığı ve deney ortamında zaman içerisinde herhangi bir varyasyonun gerçekleşmediği kabul edilmektedir.

Açıklanan yapıdaki bir populasyon için istatistik model ve buna bağlı olarak maksimum olabilirlik tahminleyicisi Darroch (1958) tarafından oluşturulmuştur. Gerçek alan uygulamalarında, dayandığı varsayımlar çok ender olarak gerçekleşse bile, diğer yedi gelişmiş modele bir temel oluşturması ve populasyon uygulamalarında elde edilen veriler için uygun model seçimine ilişkin, yakalama olasılıklarındaki varyasyon kaynaklarının test edilebilmesinde yararlı olacak "null" (sıfır) modeli temsil etmesi bakımından önemlidir.

2.2.M_t Modeli

Bireyden bireye değişmeyen yakalanma olasılıklarının, zamana bağlı olarak evreler arasında varyasyon gösterdiği durumlar için uygun bir modeldir. Böyle bir varyasyon, en basitinden örnekleme evrelerindeki su sıcaklığı, havanın yağmurlu yada güneşli olması gibi çevresel şartlardaki değişikliklerden kaynaklanabilmektedir. Bu durum ile ilgili olarak White ve ark. (1982)' da, Paloheimo (1963) ve Bailey (1969)' in gerçekleştirdiği çalışmalar örnek verilmiştir. Ayrıca, çevresel faktörlerin yanında, örnekleme evrelerinde yakalama çabalarındaki değişiklikler ve/veya farklı yakalama teknikleri kullanımının, yakalama olasılıklarında zamana bağlı bir varyasyon oluşturabileceği belirtilmiştir.

2.3.M_b Modeli

Modelin geçerli olduğu bir populusyonda, temel olarak yakalama olasılıklarının, ilk yakalanmaya karşı oluşan davranışsal tepki sonucunda değiştiği varsayılmaktadır. White ve ark. (1982) tarafından, ekoloji literatüründe doğal ortamlarda gerçekleştirilen yakala-tekrar yakala uygulamalarında, hayvanlarda tuzak tepkisi oluşmasına ilişkin çok sayıda çalışma olduğu belirtilmiştir (Bailey, 1969; Beukema ve DeVos, 1974). İlk yakalanma sonrasında oluşabilecek davranışsal tepki, tuzak memnuniyeti (trap happy) ve tuzak çekingenliği (trap shy) olmak üzere, iki farklı şekilde gerçekleşebilir. Ancak belirli bir yakala-tekrar yakalama çalışmasında, M_b modeli altında, bu iki tipten sadece biri görülebilir. Aynı alışma içinde bazı bireylerde tuzak memnuniyeti gözlenirken, diğer bireylerde tuzak ekingenliğinin oluştuğu bir yapı bu model için uygun değildir. Bu varsayıma göre, denemenin başlangıcında yani birinci örnekleme evresinde populusyondaki tüm bireyler için tek bir yakalama olasılığı vardır ve bu olasılık birey ilk kez yakalanıncaya kadar değişmez. Birey bir kez yakalandıktan sonra, bunun hangi örnekleme evresinde gerçekleştiğine bakılmaksızın, yakalanan bu birey için izleyen örnekleme evrelerinde tekrar yakalansa da, yakalanmasa da deney sonuna kadar hiç değişmeyecek olan bir tekrar yakalama olasılığı söz konusudur. zet olarak, bir bireyin birden çok yakalanması ile bir kez yakalanması arasında bir farklılığın

olmadığını; yakalama olasılıklarının zamana göre ya da bireyden bireye değişmediğini söyleyebiliriz.

M_b modeli altında gerçekleştiği düşünülen bir çalışmada, ilk yakalanmayı izleyen evrelerde, tekrar yakalama olasılığı ilk yakalama olasılığından düşükse hayvanlarda tuzak çekingenliği, tersi durumda ise tuzak memnuniyeti olduğu sonucu çıkar.

2.4. M_h Modeli

Yakala-tekrar yakala yönteminin biyolojik bireylere uygulandığı düşünülürse, bireylerin tek başlarına yakalama olasılıkları üzerinde önemli bir varyasyon kaynağı oluşturabileceği açıktır. Bu model altındaki bir popülasyonda, her bir bireyin diğer tüm bireylerden bağımsız olarak kendine ait bir yakalanma olasılığı olduğu varsayılmaktadır. Temel olarak, örnekleme evreleri arasında varyasyon ve yakalanmaya karşı davranışsal bir tepkinin olmadığı, ancak bireylerin yakalama olasılıkları arasında heterojenlik olduğu kabul edilmektedir.

Yakalama olasılıklarındaki heterojenlik, bazen türlerdeki farklılık, cinsiyet ya da yaş gibi bilinen sebeplerden kaynaklanırken, bazen de sosyal dominantlık, hayvanın yaşadığı çevredeki tuzak yerleşimi ya da doğuştan gelen aktivite düzeyi gibi farkedilemeyecek nedenlerden kaynaklanabilir (White ve ark. 1982). Ekoloji literatüründe, yakalama olasılıklarındaki heterojenliği ve diğer varyasyon kaynaklarını açık bir şekilde gösteren, değişik türler üzerinde gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma bulunmaktadır. White ve ark. (1982)' da bu çalışmalara örnek olarak Beukema ve DeVos (1974), Jensen (1975) ve Montgomery (1979) gösterilmiştir.

2.5. M_{bh} Modeli

Popülasyonun kapalı olduğu varsayımı altında yapılan yakala-tekrar yakala denemelerinde, popülasyon büyüklüğünü tahminlemek için geliştirilen modellerin, şimdiye kadar anlatılanlardan anlaşılacağı gibi, yakalama olasılıkları üzerinde yapılan farklı varsayımlara göre olduğu açıktır. Yine dikkat çeken bir durum deneme boyunca tüm bireyler ve tüm örnekleme evreleri için yakalama olasılıklarında sabit ve tek bir değeri kabul eden M_0 modeli dışındaki M_t , M_b ve M_h modellerinin olasılıklarda varyasyona neden olan, sırasıyla zaman, davranış ve heterojenlik faktörlerinden sadece birinin gerçekleştiğini

kabul etmesiydi. Ancak, gerçek populasyonlarda, bu faktörlerin herhangi ikisinin yada üçünün birlikte yakalama olasılıklarında etki oluşturduğu bilinmektedir.

M_{bh} modelinde, yakalama olasılıklarının M_h modelinde olduğu gibi bireyden bireye değiştiğini kabul etmenin yanında, M_b modelinde olduğu gibi ilk yakalamaya karşı davranışsal bir tepkinin oluştuğunu da varsaymaktadır. Modelin M_h bileşenine göre, her bir bireyin kendine ait bir ilk yakalanma olasılığı olduğu ve M_b bileşeni altında birey bir kez yakalandığında bu olasılığın, ilk yakalanmayı izleyen evrelerde geçerli olacak olan yine bireyin kendine ait bir tekrar yakalanma olasılığına dönüştüğü varsayılmaktadır. Ancak, birey tekrar tekrar yakalandığında artık bu yeni olasılığın değişmediği kabul edilmektedir. Modelin pratik yararlılığını artıran önemli bir özelliği, ilk yakalanmaya karşı oluşan davranışsal tepkinin bireyden bireye değişebileceğini kabul ediyor olmasıdır. Yani, aynı yakala-tekrar yakala denemesinde bazı bireyler yakalamaya tepki vermezken, bazıları tuzak memnuniyeti, bazıları da tuzak çekingenliği sergileyebilmektedir.

2.6. M_{th} Modeli

M_{th} modeli altındaki bir populasyonda, bireylerin yakalama olasılıkları üzerine hem zaman hem de heterojenlik kaynakları birlikte varyasyon oluşturmaktadır. Modelin heterojenlik bileşenine dayalı olarak, denemenin ilk tuzak evresinde populasyonda bulunan her bir bireyin kendine ait bir yakalanma olasılığı olduğu varsayılmaktadır. Zaman bileşenin, bu olasılıklardan bağımsız olarak, denemenin yapısındaki (yakalanma şekli) yada çevresel şartlardaki (hava durumu) değişikliklerden dolayı, evreler arasında bu olasılıklar üzerinde varyasyon oluşturduğu kabul edilmektedir. Burada dikkat edilmesi gerek durum, belirli bir evrede oluşan etkinin populasyondaki tüm bireyler için aynı olmalıdır.

2.7. M_{tb} Modeli

Yakalama olasılıklarında, hem zamana bağlı olarak tuzak evreleri arasında farklılık olduğunu, hem de yakalanmaya karşı davranışsal tepkinin varlığını kabul eden model, iki faktörlü modellerin sonuncusudur. Modelin M_t bileşenine göre, belirli bir örnekleme evresine kadar hiç yakalanmamış tüm bireyler için bu evredeki yakalanma olasılığının eşit olduğu kabul edilmektedir. Yakalamaya

karşı oluşan davranış bileşeninde ise, tepkilerin zaman bileşeninden dolayı bireyin yakalandığı evreye göre değiştiği varsayılmaktadır.

2.8.M_{tbh} Modeli

Populasyonun kapalı olduğu varsayımı altında, çoklu ($t > 2$) örnekleme evresinde gerçekleştirilen yakala-tekrar yakala denemeleri için tanımlanmış olan sekiz populasyon modelinin en geneli M_{tbh} modelidir. Yakalama olasılıkları üzerinde yapılan değişik varsayımlar sonucunda elde edilen, şimdiye kadar incelediğimiz yedi kapalı populasyon modeli M_{tbh}' nin özel bir formudur. Modele göre, zaman faktöründen kaynaklanan evreler arası farklılık, ilk yakalamaya karşı oluşan davranışsal tepki ve bireyin kendisinden kaynaklanan heterojenlik kaynaklarının tümü, yakalama olasılıkları üzerinde varyasyon oluşturmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken konu, birinci tuzak evresinde populasyonda sadece heterojenlik bileşeninin olabileceğidir. Davranış bileşeni sadece birey yakalandığı durumda etki oluştururken, zaman bileşeni de ikinci evre ve sonrasında varyasyon yaratabilecektir. Sonuç olarak, M_{tbh} modeli altındaki bir populasyonda davranış ve/veya zaman faktörlerinin varyasyon oluşturabilmesi için en az iki tuzak evresi gerekmektedir.

Otis ve ark. (1978)' da M_{tbh} modelinin, varsayımlarından dolayı biyolojik populasyonlar için en gerçekçi model olduğu ve bu fazla gerçekçiliğin, modelin populasyon büyüklüğünü tahminlemedeki pratik kullanımını engellediği belirtilmiştir. Ayrıca modelin varsayımlarının tam olarak gerçekleştiği bir populasyonda, tanımlanmış olan diğer modellerin parametrelerle ilgili olarak doğru bilgiler veremeyeceği vurgulanmıştır.

Sonuç ve Öneriler

Günümüzde tüm kapalı populasyon yapıları için alternatif tahminleme yöntemleri bulunmasına rağmen, alan uygulamalarında olasılıklar üzerindeki varyasyon kaynaklarını mümkün olduğunca kontrol edebilmek bakımından, denemenin tasarım konusu önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan alan uygulamalarında elde edilen verilerden maksimum yararın sağlanabilmesi için, denemeler, varsayımları test edilebilecek, kapalılık varsayımını yerine getirecek, mümkün olan en basit modelin uygulanmasına olanak sağlayacak ve

mümkün olan maksimum sayıda birey yakalanacak şekilde düzenlenmelidir (Otis ve ark. 1978).

Alan uygulamalarında yakala-tekrar yakala yöntemine dayalı verileri kullanarak tahminleme yapmak için önemli diğer bir konu da, model seçimidir. Eldeki veriler için bu çalışmada ele alınan tahminleme yöntemlerinden birisini kullanmadan önce, hangi popülasyon modelinin uygun olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Literatür incelendiğinde, bu konuda değişik yaklaşımların önerildiği görülmektedir.

Özet

Bu çalışmada, örnekleme süresince doğum, ölüm ve göç gibi etmenlerle popülasyonda bulunan birey sayısının değişmediği kabul edilen kapalı popülasyonlarda, popülasyonda bulunan birey sayısını tahmin etmeye yönelik olarak kullanılan yakala-tekrar yakala yöntemi ele alınmıştır. Bireylerin yakalanma olasılıklarında varyasyona neden olan zaman, davranış ve heterojenlik faktörlerinin varlığına ve yokluğuna göre tanımlanmış olan sekiz kapalı popülasyon modeli, kavramsal olarak açıklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yakala-tekrar yakala, kapalı popülasyon modeli, popülasyon büyüklüğü, tahminleme.

Kaynaklar

- Bailey, J.A., 1969, Trap response of wild cottontails, *Journal of Wildlife Management*, 33(1): 48-58.
- Beukema, J.J. and G.J. DeVos, 1974, Experimental test of a basic assumption of the capture-recapture method in pond population of carp, *Journal. Fish Biol.*, 6: 317-329.
- Darroch, J.N., 1958, The multiple-recapture census: I. Estimation of a closed population, *Biometrika*, 46(3/4): 336-351.
- Gilbert. R.O., 1973, Approximation of the bias in the Jolly-Seber capture-recapture model, *Biometrics*, 29(3): 501-526.
- İkiz, F., 1981, Hareketli Popülasyonların Tahminlenmesinde Kullanılan İşaretleme Yöntemlerine İlişkin İstatistik Modellerin Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma, Doçentlik Tezi, Ege Üniversitesi, 94s.
- Jensen, T.S., 1975, Trappability of various functional groups of the forest rodents *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis*, and its application in density estimations, *Oikos*, 26(2): 196-204.
- Manly, B.F.J., 1970, A simulation study of animal population estimation using the capture-recapture method, *Journal Applied Ecology*, 7(1): 13-39.
- Montgomery, W.I., 1979, An examination of interspecific, sexual and individual biases affecting rodent captures in Longworth traps, *Acta Theriol.*, 24(3): 33-45.
- Otis, D.L, Burnham, K.P, White, G.C. and Anderson, D.R., 1978, *Statistical Inference From Capture Data On Closed Animal Populations*, *Wildlife Monographs* 62,135p.

- Paloheimo, J.E., 1963, Estimation of catchabilities and population sizes of lobsters, *Journal of Fish. Res. Board Can.*, 20(1): 59-88.
- Pollock, K.H., 1974, The Assumption of Equal Catchability of Animals in Tag-Recapture Experiments, Ph D Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, 82p (unpublished).
- Schnabel, Z.E., 1938, The estimation of the total fish population of a lake, *American Mathematical Monthly*, 45(6): 348-352.
- Schwarz, C.J. and Seber, G.A.F., 1999, A review of estimating animal abundance III, *Statistical Science*, 14: 427-456.
- White, G.C., Anderson, D.R., Burnham, K.P. and Otis, D.L., 1982, Capture-Recapture and Removal Methods for sampling Closed Populations, Los Alamos National Laboratory Publ., New Mexico, LA-8787-NERP., 235p.

