

Küçük güzeldir: insanlar önemliymiş gibi iklim değişikliği bilimi

Regina R. Rodrigues^a ve Theodore G. Shepherd^{b,*}

^aOşinografi Bölümü, Santa Catarina Federal Üniversitesi, Florianópolis, SC 88040-900, Brezilya

^bMeteoroloji Bölümü, Reading Üniversitesi, Reading RG6 6BB, Birleşik Krallık

*Yazışmaların yapılacağı kişi: E-posta: theodore.shepherd@reading.ac.uk

Düzenleyen: Efi Foufoula-Georgiou.

Özet

İklim bilgilerinin üretimi ve kullanımı arasında yaygın olarak kabul edilen bir boşluk bulunmaktadır. Bu durumun nedeninin en azından bir kısmının, küresel ölçekte iklim bilgisine yönelik "yukarıdan aşağıya" yaklaşımlar olarak nitelendirilebilecek yaklaşımlar ile iklim değişikliğinin dikkate alınması gereken birçok faktör arasında sadece bir faktör olduğu "aşağıdan yukarıya" bir perspektifi zorunlu olarak benimseyen yerel karar bağlamları arasında köprü kurma zorluğunda yattığı da yaygın olarak kabul edilmektedir. Burada, E.F. Schumacher'in ünlü kitabı *Küçük Güzeldir*'de (1973) farklı bir bağlamda -ekonomi bağlamında- sunduğu görüşler üzerinde düşünerek, uyum için iklim değişikliği bilimine odaklanarak bu zorluğa ne gibi bir ışık tutabileceklerini göreceğiz. Schumacher, ekonominin "insanlar önemliymiş gibi" yapılandırılması halinde nasıl görünebileceğini sormuştu. Biz de aynı soruyu iklim değişikliği bilimi için soruyoruz ve birçok paralellik buluyoruz. Bunlardan biri, iklim bilgisini koşullu bir biçimde ifade ederek ele alınabilecek yerel durumların karmaşıklığıyla mücadele etme ihtiyacıdır. İkincisi, derin belirsizlikle uğraşırken basitliğin önemidir ki bu da fiziksel iklim hikayelerinin kullanılmasıyla ele alınabilir. Üçüncüsü ise yerel toplulukları kendi durumlarını anlamlandırmaları için güçlendirme ihtiyacıdır ki bu da güven ve şeffaflık inşa eden "ara teknolojiler" geliştirilerek ele alınabilir. İklim değişikliği biliminin büyük bir kısmı zorunlu olarak büyük bilimdir. İklim bilgisini adaptasyon için kullanılabilir hale getirmek için küçükliğin güzelliğini keşfetmenin de gerekli olduğunu savunuyoruz.

Giriş

İklim değişikliği kamusal söylemlere giderek daha fazla nüfuz ederken, iklim değişikliği biliminin önemi toplumun birçok farklı sektöründe artmaya devam ediyor. Kullanılabilir (ya da eyleme geçirilebilir) iklim bilgisi için 50 yıl önceden başlayan (1) ve on yıl önce Dünya Meteoroloji Örgütü'nün İklim Hizmetleri Küresel Çerçevesi'nin başlatılmasıyla resmileşen (2) bir çağrı uzun zamandır var. Ancak bu farkındalığa ve küresel çabaya rağmen, iklim bilgilerinin üretimi ve kullanımı arasında önemli bir uçurum olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (3, 4). NRC (5) tarafından "yararlı iklim verilerinin, enformasyonun ve bilginin zamanında üretilmesi ve karar vericilere ulaştırılması" olarak tanımlanan iklim hizmetleri söz konusu olduğunda, Findlater ve diğerleri (6) bu boşluğun kısmen daha iyi karar verme yerine daha iyi verilere odaklanılmasından kaynaklandığını savunmaktadır. Kullanıcı tarafından bilgilendirilmiş olsa bile, bu tür bir "yukarıdan aşağıya" yaklaşım, bilimsel kalitenin disiplin temelli ölçütlerini benimser ve kaçınılmaz olarak iklim bilimcilerin kendileri tarafından yönlendirilir. Dolayısıyla, sürdürülebilirlik çalışmalarında zengin bir mirasa sahip olan ortak üretimin temel ilkelerini ihlal etmektedir (7). Findlater ve arkadaşlarının eleştirisi, Coen'in (1) iklim değişikliği biliminin kullanılabilir olması için geleneksel araştırma/değerlendirme/politika paradigmasından kopması ve "bir kullanıcı topluluğu yaratması" gerektiği sonucuyla örtüşmektedir.

Küresel bir yaklaşım için "yukarıdan aşağıya" bir yaklaşım gerekli olsa da

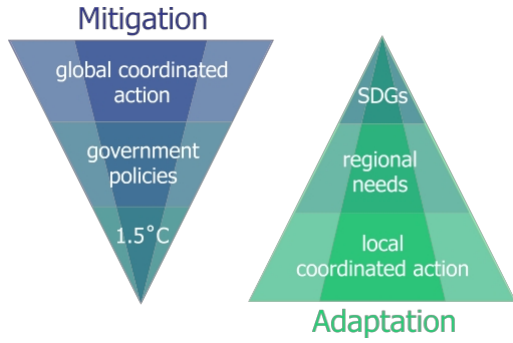
Paris anlaşmasının 1.5° C (azaltım) hedefinin altında kalmak için hükümet politikalarının koordineli eylemi, yerel

Uyum eylemi, Coen'in (1) tanımladığı türden bir "aşağıdan yukarıya" yaklaşım gerektirirken, küresel hedef daha istekli olup, kırılabilirlik ilgili olan Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH'ler; Şekil 1) tarafından geniş bir şekilde temsil edilmektedir. (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli [IPCC] "Uyum"u "doğal ya da beşeri sistemlerde, gerçek ya da beklenen iklimsel uyarılara ya da bunların etkilerine yanıt olarak, zararı hafifleten ya da yararlı fırsatlardan yararlanan ayarlama süreci" ve "Azaltım"ı "sera gazlarının kaynaklarını azaltmak ya da yutaklarını geliştirmek için insan müdahalesi" olarak tanımlamaktadır (8). Adaptasyon için iklim bilgisi, iklim kırılabilirliğini azaltmayı amaçlamaktadır). Bununla birlikte, böyle bir "aşağıdan yukarıya" yaklaşımı benimsemek, geleneksel iklim bilimi perspektifinden bakıldığında radikal bir öneridir. Örneğin Guldi (9) iklim bilgilerinin toplanması ve üretilmesinin demokratikleştirilmesini savunmaktadır ki bu da sıkça duyulan "otoriter" iklim bilgileri üretme mantığına ters düşmektedir (örneğin (10)). Daha geniş sürdürülebilirlik bağlamında, Wuelser ve diğerleri (11) ortak bir zemin oluşturma ve tekil vaka çalışmalarından kullanılabilir bilgi oluşturma yollarını bulma ihtiyacını savunurken, Szabo ve diğerleri (12) SKH'leri tropikal delta bölgelerindeki kırılabilirliği azaltmaya yönelik pratik eylemlere dönüştürmek için mekansal olarak ayrıştırılmış verilere duyulan ihtiyaca işaret etmektedir. Her iki gereklilik de iklim bilimcilerin genel açıklamalar arayışında verileri bir araya getirme yönündeki doğal eğilimine ters düşmekte (13) ve iklim değişikliği bilimini zorunlu olarak özel bir bağlama yerleştirmektedir. Sonuç olarak, aşağıdan yukarıya zorunluluğu, iklim değişikliği bilimine *insan* perspektifinden bakmayı savunmaktadır. Coen (1)

Rekabet Çıkarları: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Alındı: 21 Ekim 2021. **Revize edildi:** Şubat 2, 2022. **Kabul edildi:** Şubat 4, 2022

© Yazar(lar) 2022. Ulusal Bilimler Akademisi adına Oxford University Press tarafından yayınlanmıştır. Bu, orijinal çalışmaya uygun şekilde atıfta bulunulması koşuluyla, herhangi bir ortamda sınırsız yeniden kullanım, dağıtım ve çoğaltmaya izin veren Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) koşulları altında dağıtılan bir Açık Erişim makalesidir.



Şekil 1. İklim değişikliği biliminde azaltım eylemi için gerekli olan "yukarıdan aşağıya" yaklaşım ile uyum eylemi için gerekli olan "aşağıdan yukarıya" yaklaşım arasındaki karşıtlık.

İklim değişikliği biliminin kullanılabilir olması için "araştırmayı özen olarak kurumsallaştırması.... verilere ve analizlerine özen göstermesi ve insanlara ve onların ilişkilerine özen göstermesi" gerektiğini öne sürerken bu ruhu yakalamaktadır.

Yaklaşık 50 yıl önce ekonomist E.F. Schumacher ünlü kitabı *Küçük Güzeldir*'i (1973) yayınladı ve burada ekonominin "insanlar önemliymiş gibi" yapılandırılması halinde nasıl görünebileceğini sordu. Schumacher'in sorusu, kabul görmüş ekonomik ilkelerde yer alan değerler ile insanların gerçekte önemsedikleri şeyler arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanıyordu. *Önem* verme vurgusu, bir önceki paragrafta Coen'den (1) yapılan alıntıda da yankılanmaktadır. İklim değişikliği bilimi pratiği ile ekonomi pratiği arasında çok az bağlantı varmış gibi görünebilir. (Bu yazıda "iklim değişikliği bilimi" terimini, iklim değişikliğinin arkasındaki temel bilim olarak görülebilecek IPCC'nin Çalışma Grubu I'nin yapısında yansıtıldığı gibi, iklim değişikliğinin fiziksel temeline atıfta bulunmak için kullanıyoruz. Bu kullanım kısa ve öz olup normatif veya dışlayıcı olma amacı taşımamaktadır. Özellikle, uygulamalı bilimin (mühendislik veya sağlık gibi) daha geniş anlamıyla iklim değişikliği biliminin bir parçası olmadığı anlamına gelmemektedir. Bununla birlikte, iklim değişikliği bilimi fiziğe dayanmaktadır ve bilim felsefecisi Nancy Cartwright (14) fizik ve ekonomiyi, kendi alanlarındaki olgulara genel açıklamalar getirme eğilimleri nedeniyle iki "empyrist" bilim (biri doğal, diğeri sosyal) olarak seçmiştir. (Mirowski (15) iki disiplin arasındaki tarihsel etkileşimleri tartışmaktadır). Bu paralellik, Schumacher'in sorusunu iklim değişikliği bilimi için de sormanın faydalı olabileceğini düşündürmektedir. (Bunu yaparak, iklim riskinin ele alınmasında ekonominin ayrıcalıklı bir rolü olduğunu öne sürmüyoruz ve ekonomi pratiği hakkında herhangi bir yargıda bulunmuyoruz).

Dolayısıyla, bu makalede iklim değişikliği biliminin nasıl "insanlar önemliymiş gibi" yapılandırılıp yapılandırılmadığına bakın. Bu yeni bir soru değildir, zira postnormal bilimin sorduğu soru da buydu (16). Daha yakın zamanlarda Hulme (17) bu sorunun bilgi boşlukları olarak algılanan konular üzerindeki etkilerini, Schipper ve diğerleri (18) ise disiplinlerarasılık üzerine düşünme üzerindeki etkilerini incelemiştir. Burada, *Küçük Güzeldir*'deki bir dizi kavramı ele alarak ve bunları iklim değişikliği bilimi bağlamına tercüme ederek soruyu ele alıyoruz. Siyasi, sosyal ve ekonomik meseleleri gündeme getiren (19) ve uzmanlık alanımızın dışında kalan iklim bilgilerinin karar alma süreçlerinde kullanım pratiğini ele almıyor, bilimin kendisinin amaca daha uygun olacak şekilde nasıl yeniden yapılandırılabilirliğiyle yetiniyoruz. Sobel'in (20) yaptığı gibi, iklim biliminin uyum konusuna öncelik vermesi gerektiğini de savunmuyoruz. Bunun yerine, iklim bilimini inşa etmenin daha iyi yollarını tartışıyoruz.

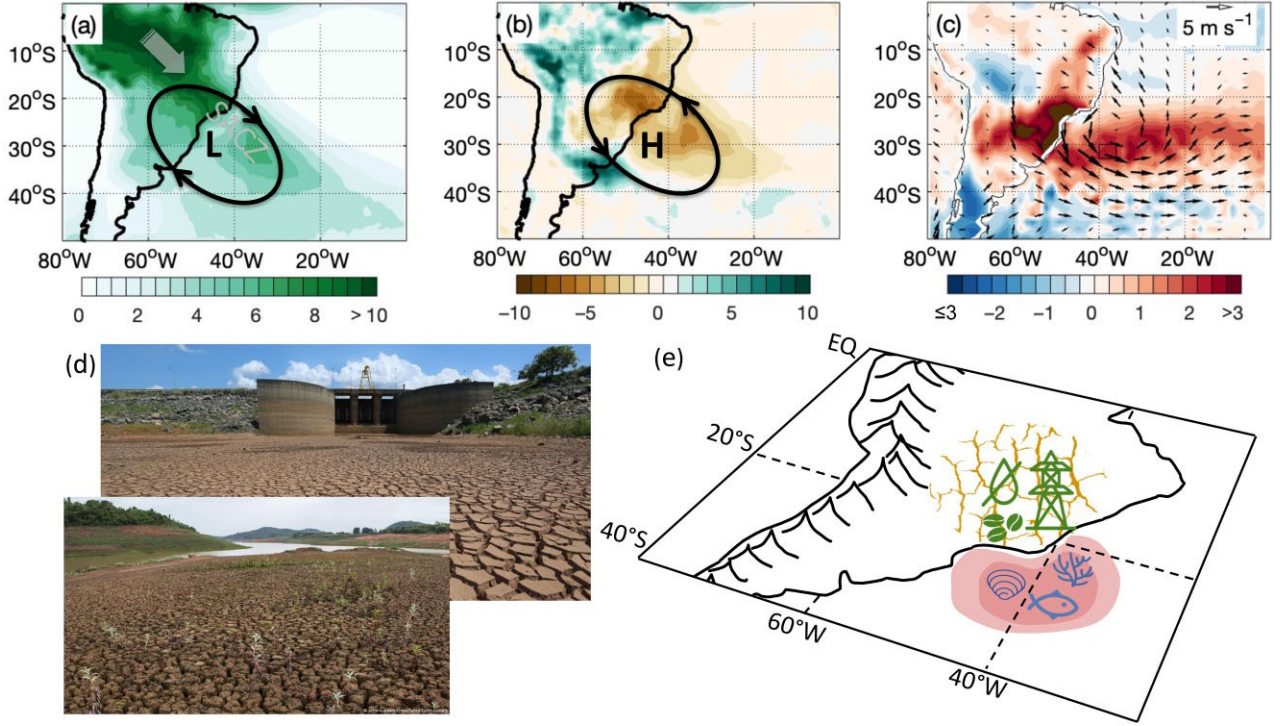
adaptasyon için bilgi. Hedef kitlemiz, araştırmalarını iklim adaptasyonu ve yerel iklim riski bağlamında kullanılabilecek hale getirmek isteyen iklim bilimcilerdir. Her şeyi somutlaştırmak için, zorluğun doğasını gösteren bir vaka çalışmasıyla başlıyoruz. Daha sonra bu zorluğun üç farklı boyutunu ele alıyoruz: karmaşıklıkla mücadele, basitliğin önemi ve yerel toplulukların güçlendirilmesi. Makale bir sentez ile son bulmaktadır.

Vaka çalışması: Güney Amerika'nın doğusu

2013/14 avustralya yazında, doğu Güney Amerika kaydedilen en kötü kuraklıklardan birini yaşamıştır (21, 22). Kuraklıkla bağlantılı olarak, karada aşırı hava sıcaklıkları meydana gelmiş ve aynı zamanda batı Güney Atlantik'te benzeri görülmemiş bir deniz sıcak dalgası gelişmiştir (23). Bu bileşik aşırı olaylar, Avustralya yaz aylarında Güney Atlantik Yakınsama Bölgesinin (SACZ) gelişmesi ile karakterize edilen Güney Amerika Muson Sisteminin başarısızlığı ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 2a). Ancak 2013/14 yazında SACZ'nin gelişimi ve buna bağlı yağışlar engellenerek kuraklığa yol açmıştır (Şekil 2b). Azalan bulut örtüsü daha sonra daha fazla güneş radyasyonunun yüzeye ulaşmasını sağlayarak bölgede kara ve deniz ısı dalgalarına yol açmıştır (Şekil 2c). Bileşik aşırılıklara yol açan anormal atmosferik sirkülasyon, uzaktan Hint ve Pasifik okyanuslarındaki tropikal konveksiyondan kaynaklanmıştır (21, 22, 23).

Bu bileşik ekstrem olay su ve elektrik kesintilerine yol açmıştır. Brezilya'nın güneydoğusunda, yoğun nüfuslu, 80 milyondan fazla insana ev sahipliği yapan ve Brezilya gayri safi yurtiçi hasılasının %60'ından sorumlu olan bir bölgede (Şekil 2d ve e). Brezilya soya, kahve ve şeker kamışı üretimini azaltarak küresel gıda arzını etkilemiş ve dünya genelinde fiyatları artırmıştır (24, 25). İstiridye üretimini ve ticari açıdan önemli bazı balık türlerinin avlanmasını azaltırken, Brezilya'nın güney kıyısı boyunca istiridye yok etmiştir (26). Sıcak çarpması ve vektör kaynaklı hastalık risklerini artırarak insan sağlığını etkilemiş ve normal ölüm sayısını üçe katlayan bir dang humması salgınına neden olmuştur (27). Buna ek olarak, bu gibi bileşik olaylar ekosistemin bozulması ve kara ve deniz biyoçeşitliliğinin kaybı üzerinde feci bir etkiye sahiptir.

Açıkçası, eğer bu olay herhangi bir şekilde iklim değişikliğinden kaynaklanacak şeylerin bir işareti ise (bkz. (28)), Brezilya'nın güneydoğusunda iklim adaptasyonu için önemli etkileri olacaktır. Ancak bu soruya cevap vermek kolay değildir. Olayın en yakın nedeni, SACZ'nin mevsimsel gelişimini engelleyerek hem kuraklığa hem de kara ve deniz sıcak dalgalarına neden olan antisiklonik sirkülasyon anomalisidir. Her ne kadar bu tür sirkülasyon anomalileri son on yıllarda daha sık ve yoğun hale gelmiş olsa da, yağışlarda eşzamanlı olarak meydana gelen değişikliklerle birlikte (29, 30), gözlemlenil, bu olayda olduğu gibi, Madden-Julian Salınımı ve El Niño-Güney Salınımı (32, 33) gibi mevsim altı ile on yıllık zaman ölçekleri arasında değişen uzak fenomenlerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Ancak iklim modelleri büyük ölçüde bu fenomenleri ve bunların telekonneksiyonlarını gerçekçi bir şekilde simüle edememektedir. İklim değişikliğine beklenen tepki söz konusu olduğunda, iklim modelleri bu konuda karışık bir sinyal vermektedir



Şekil 2. 2013/14 bileşik ekstrem olayı 2013/14 bileşik ekstrem olayı: (a) 1979-2020 dönemi için Avustralya yazında (Aralık-Mart) ortalaması alınan yağış (mm/gün); (b) 2013/14 yazı boyunca ortalaması alınan yağış anomalileri; (c) 2013/14 yazı boyunca ortalaması alınan deniz yüzeyi ve hava sıcaklığı anomalileri (gölgelendirme, °C) ve rüzgarlar (vektörler, m/s); (d) São Paulo şehrinin ana su tedarikçisinin (Cantareira rezervuarı) görüntüleri ve 2013/14 yazı; ve (e) bölge için kuraklık ve sıcak hava dalgalarının sonuçlarının şeması. (a)'da SACZ, nemi Amazon'dan Brezilya'nın güneydoğusuna (düz beyaz ok) doğru yönlendiren, Güney Amerika'nın doğusu üzerindeki siklonik bir sirkülasyonla (alçak basınç merkezi "L") ilişkili güçlü bir yağış bandıdır. (b)'de, Brezilya'nın güneydoğusu üzerinde kalıcı bir antisiklonik sirkülasyon (yüksek basınç merkezi "H") oluşmuş ve klimatolojik nem akışını keserek kuraklık ve sıcak hava dalgalarına yol açmıştır. Bu şekilde kullanılan verilerin ayrıntıları Veri Kullanılabilirlik Beyanında bulunabilir.

Bazı modellerin güçlü bir ıslanma, bazılarının ise güçlü bir kuruma simülasyonu yaptığı bölge, yağışlı yaz mevsimini yaşamaktadır (bkz. Şekil 2a, (34)).

Sınırlı uzun vadeli veri kayıtları, aşırı olayların arkasındaki ilgili fiziksel süreçlerin iklim modellerinde zayıf bir şekilde temsil edilmesi ve iklim değişikliğine zorunlu tepkinin belirsiz model tahminleri ile bu durum bu bölgeye özgü değildir ve özellikle Küresel Güney'deki ülkelerin karakteristiğidir (13, 34). Bu durum, geçmişteki değişikliklere ilişkin sınırlı veri ve/veya literatürün bulunduğu ve/veya sınırlı kanıtlar nedeniyle bu değişikliklere insan katkısına ilişkin güvenin düşük olduğu bölgeleri açıkça tanımlayan IPCC (35) Şekil SPM.3'te gösterilmektedir.

Karmaşıklık ile mücadele

İklim değişikliği biliminin, termodinamiğin birinci yasası gibi temel fiziksel ilkelere dayanan genel açıklamalar arayan fiziğe dayandığı noktasından yola çıkıyoruz. Bu temel, iklim değişikliğine ilişkin uzlaşa beyanlarının temelini oluşturmaktadır ve iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik acil eylemleri ve mümkün olan en kısa sürede net sıfır sera gazı emisyonuna ulaşma zorunluluğunu haklı çıkarmak için yeterlidir. İklim bilgisinin bu şekilde çerçevelenmesi, Stirling'in (36) "tekil, kesin" olarak nitelendirdiği şeye karşılık gelmektedir. Ancak, doğası gereği yerel olan iklim adaptasyonuna yönelik bilgiler söz konusu olduğunda, hava veya iklim aşırılıklarına elverişli dinamik koşullar da dahil olmak üzere, atmosferik dolaşımın iklim değişikliğine tepkisindeki önemli belirsizlik, kesin ifadeleri engellemektedir (37). Burada, vaka çalışmamızda örneklendiği üzere, bilgi durumu daha doğru bir şekilde "çoğul, konjonktürel" (36) olarak nitelendirilmektedir. Karmaşıklık şudur

iklim etkileri için daha da kötüleşerek "belirsizlik çağlayanı" olarak tanımlanan duruma yol açmaktadır (38). Stirling (36), bu koşullar altında bilim insanlarının tekil, kesin ifadeler yaratma baskısına (veya cazibesine) direnmeleri ve "karmaşık tutmaları" gerektiğini savunmaktadır. Schumacher'den yaptığımız ilk alıntı bu çağrıyı yankılamaktadır:

"G.N.M. Tyrell [İngiliz matematikçi, fizikçi, radyo mühendisi ve parapsikolog (1879-1952)] mantıksal akıl yürütmeye çözülemeyen problemleri çözülebilenlerden ayırmak için 'di- vergent' ve 'convergent' terimlerini ortaya atmıştır... Fizik bilimleri ve matematik yalnızca yakınsak problemlerle ilgilenir... Ancak bunun bedeli ağırdır. Yalnızca yakınsak problemlerle uğraşmak hayata girmeye değil, hayattan uzaklaşmaya yol açar." (s. 76; alıntılar için sayfa numaraları Schumacher'in 2011 tarihli Vintage versiyonundan alınmıştır (39).

Schumacher'in "yakınsak" sorunlarını - çok farklı NSF kavramı olan Conver- gence Research (https://www.nsf.gov/od/oia/convergence/index.jsp) ile karıştırılmamalıdır - müşteri bilgisinin "tekil, kesin" çerçevelenmesine uygun olanlar ve "iraksak" sorunlarını "çoğul, koşullu" bir çerçeveleme gerektirenler olarak yeniden yorumlayabiliriz. Bunun anlamı şudur: Eğer iklim bilimciler araştırmayı bir bakım olarak kurumsallaştırmak istiyorlarsa, net bir cevabı olmayan ve çoklu bakış açılarını da içeren "çoğul, koşullu" bir iklim oluşumu çerçevelemesi gerektiren sorunlarla boğuşmaya hazırlıklı olmalıdırlar (18).

Ancak, şu anda uygulandığı şekliyle iklim değişikliği bilimi, bilimsel soruları "tekil, kesin" sorular olarak çerçeveleme eğilimindedir. Bunu da iklim modellerinden gelen projeksiyonlara odaklanarak ve bunlar arasında fikir birliği olan noktaları vurgulayarak yapmaktadır,

Belirsizliği kabul etmek ama gerçekten araştırmamak. Belirli türden olgulara odaklanılarak (örneğin, daha etkili olabilen ancak iklim modellerinde daha az güvenilir bir şekilde temsil edilen çok haftalık zaman ölçekleri yerine günlük veya mevsimlik zaman ölçeklerindeki eski sıcaklıklar) veya mekansal birleştirme yoluyla fikir birliği sağlanmaktadır. Shepherd (40) bu yaklaşımı bilgiden ziyade güvenilirliğe odaklanma olarak nitelendirmektedir. İklim etkileri için bir vekil olarak yalnızca meteorolojik alanlara dayalı "risk endekslerinin" kullanılması, "tekil, kesin" bir çerçevelenme elde etmenin bir başka yaygın yoludur, ancak aşırı meteorolojinin aşırı etkiye karşılık gelmediği iyi bilinmektedir (41). Son olarak, homojenleştirilmiş ve gridlenmiş veri ürünleri, bilimsel analizi kolaylaştırsalar ve kesinlikle bir rolleri olsa da, sahte eğilimler gibi zamansal homojensizliklerden kaynaklanan artefaktlara yol açabilir (42). Bu, vaka çalışmamızın yapıldığı bölgedeki yağış eğilimleri için gerçekten de bir sorundur. Bu durumda, yerel istasyon verileri daha bilgilendirici olabilir, ancak homojenize edilmiş ve gridlenmiş ürünlerle aynı bilimsel kalitede kabul edilmeyebilir ve bilimsel yayınlara dahil edilmesi zor olabilir.

"Tekil, kesin" sorunlara odaklanıldığı da ifade edilmektedir iklim değişikliği biliminde hala yaygın olan "istatistiksel anlamlılığı" doğru/yanlış şeklinde yorumlamak ve belirsizliğin "çoğul, koşullu" bir çerçeveye oturtulmasını sağlayacak çoklu makul hipotezlerin ifade edilmesinden kaçınmaktır (43). Bu durum özellikle olay atfının en yaygın biçimi olan olasılıksal olay atfı uygulamasında belirgindir. Martins ve arkadaşları (44), vaka çalışmamızda tanımlanan kuraklığın olasılıksal olay atfında (2012-2016 dönemini analiz etmelerine rağmen), iklim değişikliğinin kuraklık riskini artırdığına dair "yetersiz kanıt" bulmuşlardır. "Kimin için yetersiz?" diye sorabiliriz. Kastettikleri, iklim değişikliğinin etkisinin olmadığı yönündeki sıfır hipotezini reddetmek için yetersiz olduğuydu. Bu sonuç, kullanılan iklim modellerinden ikisinin (ki bunlar aynı model ailesindendir) kuraklık riskinde bir azalma öngördüğü ve gözlem ve modellerden elde edilen tahminler birleştirildiğinde belirsizliğin sıfır antropojenik etkiye yaklaştığı gerçeğine dayanmaktadır (bkz. Şekil 13.2(i)).

Ancak, böylesine "tekil, kesin" bir çerçevenin benimsenmesi, bu mantıksal hataları ihlal etmekle kalmamakta (43), aynı zamanda önemli bir soru olan "kimin için yetersiz?" sorusundan da kaçınılmaktadır. Aslında, gözlemlenen kayıtlar bu bölgede kuraklık riskinin arttığını göstermektedir (bkz. Şekil SPM.3c (35)) ve hem Martins ve diğerlerinin (44) Şekil 13.2(i)'de gösterilen yağış eğilimleri hem de burada bildirilen CMIP5 model sonuçları, artan yağış açığına işaret etmektedir. Gözlemlenen eğilimler ve iklim modellerinin bu bölgedeki yağış değişkenliğini eşit bir şekilde temsil edememesi göz önüne alındığında, karar vericilere planlama ve uyum için gerekli bilgileri sağlamak üzere daha emin atf ifadelerine sahip olana kadar beklemeyi göze alabilir miyiz? Karar verme sürecinde uygunluktan ziyade istatistiksel anlamlılığa odaklanmak, Schumacher'in "gerçeklikten kavramsal bir çerçeve türetmek yerine, kavramsal bir çerçeveden 'gerçekliği' türetmek" olarak tanımladığı duruma bir örnektir (s. 240). O halde, böylesi bir belirsizlik karşısında ilgili bilgi nasıl temsil edilebilir? Schumacher'in dediği gibi, "Gelecek tahmin edilemez,

ancak keşfedilebilir" (s. 201). Özellikle:

"Gelecekteki olaylar hakkında sadece varsayımlar temelinde [kesin olarak konuşabiliriz]. Başka bir deyişle, gelecek hakkında koşullu ifadeler formüle edebiliriz... [Böyle bir ifade] bir öngörü ya da tahmin değil... koşullu olduğu için matematiksel kesinlik erdemine sahip keşifsel bir hesaplama değildir." (p. 190)

İklim değişikliği bilimi matematikten ziyade fiziğe dayandığı için, Schumacher'in "matematiksel" ifadesini

"tekil, kesin" bilgi ile "kesinlik". Her bir koşullu ifade "tekil, kesin" olabilir, ancak birlikte bilginin temsili "çoğul, koşullu" dur. Gelecekteki iklimin ve gelecekteki eylem alanının sırasıyla antropojenik iklim zorlamalarına ve sosyo-ekonomik yapılara bağlı olması, iklim bilimciler için hiçbir şekilde tartışmalı değildir ve IPCC'nin analizi için kullandığı RCP-SSP senaryolarında (45) temsil edilmektedir. Ancak, hem fizikçilerin hem de ekonomistlerin standart yaklaşımı, bu senaryolara bağlı olan genel tahminler (projeksiyonlar olarak bilinir) yapmaktır. Schumacher bizi daha ileri gitmeye ve tüm bilginizi koşullu biçimde temsil etmeye zorluyor. Böyle bir yaklaşım, doğanın bir yasalar yaması tarafından yönetildiğini kabul ederek (14), farklı bilgi türlerini koşullu bir çerçeve içinde bir araya getirerek karmaşıklıkla mücadele eder. Derin Belirsizlik Altında Karar Verme (46) olarak bilinen bir çerçeve içinde bunu yapmak için giderek artan bir dizi araç bulunmaktadır.

Basitliğin önemi

İklim değişikliği bilimi şüphesiz büyük bir bilimdir. Değişen gezegene küresel bir bakış açısı sağlayan uydu tabanlı ölçüm sistemleri devasa bilimsel ve teknik çabaları, fiziksel yasalar hakkındaki bilginizi somutlaştıran iklim simülasyon modelleri ise benzer ölçekteki insan ve teknoloji yatırımlarını temsil etmektedir. Hiçbir iklim değişikliği bilimcisi bu varlıklar olmadan yapabileceğimizi ciddi bir şekilde öne sürmez. Ancak bu yeterli oldukları anlamına gelmez. Uydu temelli ölçümlerin genellikle oldukça doğrudan çıkarımlar olduğu, ölçüm sürecinin matematiksel modellerine büyük ölçüde bağımlı olduğu ve yerinde ölçümlerle tamamlanması gerektiği yaygın olarak kabul edilmektedir. İklim modelleri söz konusu olduğunda, bunların ölçülemeyen belirsizlikleri, modellerin ciddiye alınması gerekirken, harfi harfine alınmaması gerektiği anlamına gelmektedir (47). Ölçümlerin ve modellerin arasındaki büyük bilime rağmen, elimizde yamalı bir bilgi yığını kalmıştır.

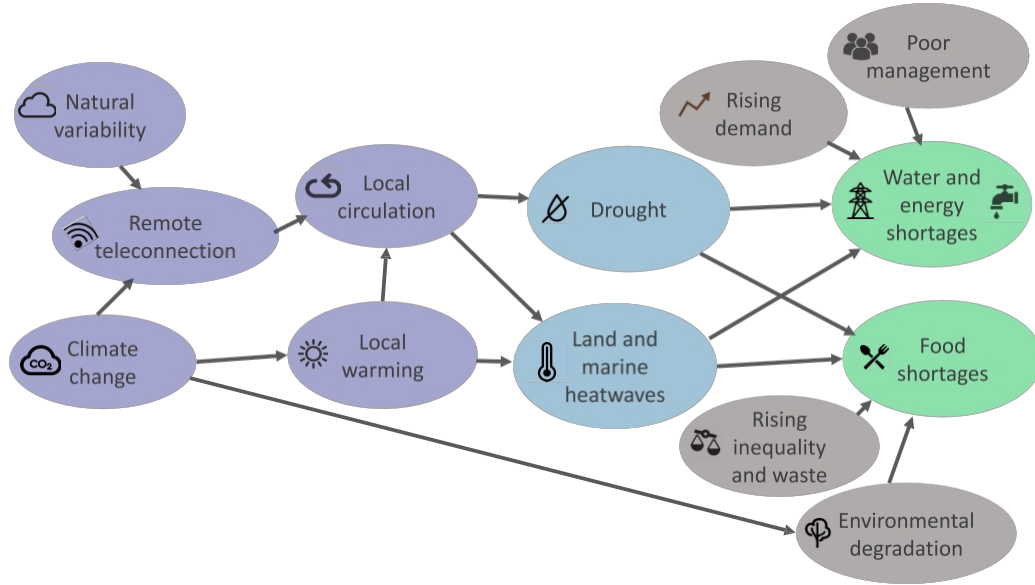
Büyük teknolojiye (büyük bilimden ziyade) karşı çıkan Schumacher yazdı:

"Bugün neredeyse evrensel bir devlik putperestliğinden muzdaribiz. Bu nedenle, küçüklüğün erdemi üzerinde ısrar etmek gerekir - bunun geçerli olduğu yerlerde." (p. 49)

Burada, *Küçük Güzeldir*'in özüne sahibiz. Yine de Alıntıdaki son üç kelime çok önemlidir: büyük yaklaşımların yeri vardır; sadece büyük ve küçük yaklaşımlar arasında uygun bir denge olması gerekir ve bu denge karar verme bağlamına bağlı olacaktır. Schumacher, ekonominin bu açıdan dengesiz olduğunu iddia etmişti; biz de bugün aynı şeyi iklim değişikliğine uyum bilimi için iddia ediyoruz. Böyle bir dengesizlik nasıl ortaya çıkabilir? Schumacher birkaç ipucu sunuyor:

"En son [teknolojiye] sahip olmadığınız sürece hiçbir şey yapamayacağınıza dair zihinde bir saplantı var ve üstesinden gelinmesi gereken şey de bu." (s. 182) "...doğrudanlığı ve basitliği yeniden yakalamak, daha fazla karmaşıklık ve karmaşıklık yönünde ilerlemekten daha zordur" (s. 127) "...modern zamanlarda, düşünce ve gözlemin ilerlediği araçları oluşturan fikirlerin incelenmesine çok az dikkat edilmiştir" (s. 63).

Tüm bu ifadeler iklim değişikliği bilimi bağlamında doğrudur ve sadeliğin önemine işaret etmektedir. Bu, bir önceki bölümün çağrısıyla bir çelişki gibi görünebilir



Şekil 3. Şekil 2'de gösterilen vaka çalışması için nedensel ağ. Oklar nedensel etkinin yönünü göstermektedir ancak geri bildirimlerin etkilerini de içerebilir. Mavi gölgelendirme nedenselliği hava ve iklim alanında olan unsurları, gri gölgelendirme tehlikeleri, yeşil gölgelendirme ise etkileri göstermektedir. Nedensel ağlar, böylesine karmaşık bir risk ortamında, ağdaki bazı düğümlerin durumunu belirtmek anlamına gelen koşulsallık aygıtı aracılığıyla belirsizlik basamaklarında gezinmeye olanak tanır. Böylece, koşulsuz tahminler yerine koşullu tahminler arayarak, karşı-olguasal sonuçlar ve sistem hassasiyetleri hedefli bir şekilde araştırılabilir. Daha fazla ayrıntı için metne bakınız.

karmaşıklıkla mücadele etmek için bir araçtır, ancak öyle değildir. Mesele şu ki, gerçek dünyanın karmaşıklığına saygı duymak için, analiz yöntemlerimizin Parker ve Ris- bey'in (48) "sahte kesinlik" olarak tanımladığı şeyi sunmak yerine, yorumlanabilir ve sorgulamaya açık olacak kadar basit kalması gerekir (ayrıca bkz. (4)). Schumacher'in belirttiği gibi:

"Kaba tahmin yöntemlerinin... sahte çok yönlülük ve sahte detaylandırma hatalarına yol açması muhtemel değildir." (s. 195)
 "Tahminler, bir zarfın arkasında olduğu gibi, oldukça sanatsız bir şekilde sunuluydu, [tahminleri kullanan kişinin] bunların zayıf karakterini ve tahmin olsun ya da olmasın, birisinin bilinmeyen bir gelecek hakkında girişimci bir karar alması gerektiği gerçeğini takdir etme şansı çok daha yüksek olurdu." (p. 196)

Bu ifadenin bizim bağlamımızla ilgisi açıktır. Bir önceki bölümde, iklim adaptasyonu ve yerel iklim riski hakkındaki ilgili bilgilerin konjonktürel bir şekilde temsil edilmesini tartıştık. Shepherd (40) bunu bölgesel iklim bilgisine "hikaye çizgisi" yaklaşımı olarak adlandırmakta ve Bayesian (koşullu) mantığına dayandıkları için nedensel ağların kullanılmasını önermektedir (49). Fiziksel tutarlılık ve dolayısıyla fiziksel yorumlanabilirlik (50) açısından zorlanan makine öğrenmesi gibi veri odaklı yöntemlerin aksine, nedensel ağlar ana bilgiyi içerir ve karşı-olguasal durumları basit bir şekilde keşfetmek için kullanılabilir (51). Şekil 3, vaka çalışmamızı bu perspektiften temsil etmektedir. Su-enerji-gıda güvenliği bağlantısını kapsayan yıkıcı etkilere hem kuraklık hem de sıcak hava dalgaları neden olmuş, bunlar da bulut örtüsü ve yağmur yağışının aracılık ettiği yerel dolaşım koşullarının bir sonucu olmuştur. Bu durum, hikaye çizgilerinin özellikle temsil etmek üzere tasarlandığı güçlü bir ilişkili risk unsuru ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, zayıflayan bir SACZ olasılığını temsil etmek için yerel meteorolojik doğruluğa sahip bir fiziksel iklim hikayesi oluşturulabilir

ve bu bölgedeki yaz yağışlarının azalması, yüksek etkili sonuçları ortaya çıkarmak ve önceki bölümde açıklanan olasılıksal olay ilişkilendirmesinin eğilimli olduğu türden yanlış negatif hatalardan kaçınmak için (40, 52). Ancak aynı zamanda, Şekil 3'te gri gölgelendirme ile gösterilenler gibi iklimsel olmayan faktörlerin rolü de dikkate alınabilir ve hatta uygun modelleme araçları mevcutsa potansiyel olarak modellenenebilir. Bu şekilde, hem yerel yetenek hem de risk azaltımı için gelecekteki adaptasyon seçeneklerinin değeri göz önünde bulundurulabilir. Hikaye çizgisi yaklaşımının (ve daha genel olarak Bayesian muhakemesinin) güçlü bir faydası, nedenselliğin ikili bir şekilde temsil edilmemesidir. Bunun yerine, çoklu nedensel faktörlerin rolü mantıksal olarak kendi içinde tutarlı bir şekilde açıkça ölçülebilir.

Nedensel ağlar, koşullu hipotezlerin bir ifadesidir (53). Dolayısıyla yapıları açıkça öznelidir (yani hangi hipotezlerin dayatıldığına bağlıdır, bu da kesin bir yargı meselesidir ve dolayısıyla bilen özel bakış açısını yansıtır) ve bu da iklim bilimcilerin nesnel olma arzusuna ters düşmektedir. Sözde "sıklıkçı" analiz yöntemleri nesnellik görüntüsü verebilir, ancak bunu yalnızca öznel seçimleri gömerek ve mantıkta temeli olmayan ve sağduyuyu ihlal edebilecek çıkarım kurallarını benimseyerek başarırlar (43). Sonuçta, iklim değişikliği bilimine değerleri katmaktan kaçınılamaz ve "saf" nesnellik diye bir şey yoktur (54). Amaç daha ziyade şeffaflık ve mantıksal titizliktir. Bu durum, sonuçlarının karar vericiler tarafından yorumlanması çok daha kolay olan Bayes yaklaşımlarını güçlü bir şekilde savunmaktadır (55). Bayesçi yolda ne kadar ileri gidileceği bağlama göre değişir, ancak en azından kişinin hipotezlerini ve dikkate alınacak (ya da alınmayacak) kanıtları açıkça belirtmesi ve analizi fiziksel bilgiye dayandırması gerekir. Bu da risk değerlendirmesini bir onay kutusu alıştırmasından daha fazlası haline getirmektedir ki bu da Schumacher'in sofistike teknolojiler yerine fikirlerin önemine yaptığı vurguyla örtüşmektedir (bkz. daha önceki alıntılar).

Yerel toplulukları güçlendirmek

İklim değişikliğinin etkileri küresel boyutta olmakla birlikte, yerel ölçekte de büyük ölçüde hissedilmektedir. Bu nedenle, yerel toplulukların kendi durumlarını anlamlandıracak araçlara sahip olmaları ve bu anlayışı yerel karar alma süreçlerini bilgilendirmek için kullanmaları çok önemlidir. Ancak bunu yapabilmeleri, neyin güvenilir bilgi olarak kabul edildiğine bağlıdır. Bu konu, önceki iki bölümün temalarından ayrılmaz. IPCC tespit-atfı çerçevesi (56), iklim değişikliğinin bilimsel analizinin gözlemlerle değil, süreç anlayışıyla (genellikle model tahminleri olarak yorumlanır) motive edilmesi gerektiğini ve karıştırıcı faktörlerin yeterince kontrol edilmesi gerektiğini açıkça belirtmektedir. Her iki öneri de bilimsel açıdan tamamen ortodoks olmakla birlikte, kaçınılmaz sonuç yerel, bağlamsal bilginin haklarından mahrum bırakılmasıdır. Eğer güvenilir bilginin tek biçimi genel (konjonktürel değil) ve sofistike araçlarla üretilen bilgi olarak kabul edilirse, o zaman zengin ve fakir arasında kaçınılmaz olarak bir güç dengesizliği ortaya çıkacaktır. Bu durum en açık şekilde Küresel Kuzey ve Küresel Güney arasında görülmektedir (57), ancak ülke içinde ve hatta aynı bölgede yaşayan ancak farklı kırılabilirlik düzeylerine sahip farklı topluluklar arasında da geçerli olacaktır.

Ekonomik kalkınmada da tam olarak aynı sorun ortaya çıkmaktadır.

ve Schumacher için büyük bir endişe kaynağı olmuştur. Schumacher'in ilk başvurusu anlam yaratmaya (bunun için "intelligible" kelimesini kullanmıştır) olmuştur:

"Bir şey anlaşılabilir olduğunda bir katılım hissine sahip olursunuz; bir şey anlaşılmaaz olduğunda bir yabancılaşma hissine sahip olursunuz." (p. 65)

Bu ifade, güçlenmenin ilk adımının katılım duygusu ve dolayısıyla eylemlilik olduğunu kabul etmektedir. Bu da kişinin kendi durumunu anlamlandırma becerisi anlamına gelen anlaşılabilirliği gerektirmektedir. Anlaşılabilirlik (ve anlam) kısmen yerel bilgiye değer veren ve genelleştirilmiş ya da birleştirilmiş açıklamaları değersizleştiren yerel risk ortamının karmaşıklığına saygı duyarak; kısmen de bilgiyi temsil etmek için basit yöntemler kullanarak elde edilir. İkincisi, Schumacher'in "ara teknoloji" olarak adlandırdığı, basit ama temel olmayan yöntemleri kastettiği şeye karşılık gelir:

"Ara teknoloji fikri, basitçe tarihte artık modası geçmiş yöntemlere 'geri dönmek' anlamına gelmez... Gerçek başarı, kesin bilgi birikiminde yatar ve bu bilgi, modern bir endüstrideki mevcut uygulamanın [yani mevcut en sofistike araçları kullanmanın] yalnızca bir tanesi olduğu çok çeşitli şekillerde uygulanabilir." (p. 155)

Schumacher "teknoloji" derken fiziksel donanımı kastediyordu; bizim durumumuzda "teknolojiyi" iklim bilgisi üretme ve analiz etme yöntemleri olarak yeniden yorumlamamız gerekiyor. İklim biliminde basit ama temel olmayan bir analiz yöntemine örnek olarak, iklim değişkenliğinin temelini oluşturan atmosferik tele-bağlantıları anlamak için nedensel ağların kullanılması verilebilir. En basit haliyle nedensel ağlar mütevazı bir regresyona indirgenebilir, ancak tele-bağlantılara ilişkin fiziksel ve istatistiksel anlayışları anlaşılabilir bir çerçevede bir araya getirirler (58). Bu nedenle, iklim değişikliğinin küresel ve yerel yönlerini birbirine bağlamak için fiziksel iklim hikayelerinin önemli bir bileşeni sağlayabilirler. Örneğin, bizim vaka çalışmamızda, hem iklim değişikliği hem de doğal değişkenlik, Güney Amerika'nın doğusunda yerel kalıcı antisiklonik dolaşıma ve kuraklığa yol açan Hint ve Pasifik okyanuslarından gelen telekonneksiyonları etkileyebilir (Şekil 3).

Nedensel ağlar ve hikayeler gibi basit analiz yöntemlerinin kullanılması sadece fikirlerin gelişmesini sağlamakla (Schumacher'in daha önceki bir noktasına d ö n e r s e k) ve böylece zeka (veya anlam yaratma) yaratmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik kalkınma için de önemli bir ilke olan iklim bilgisinin üretimini demokratikleştirir. Schumacher kendi bağlamında bunu şu şekilde ifade etmiştir:

"Bu nedenle herkesin bir şeyler üretmesi, birkaç kişinin çok şey üretmesinden daha önemlidir." (p. 144).

Bunun bizim için anlamı, iklim bilgisinin az sayıda uzman tarafından değil, dünyanın dört bir yanına yayılmış çok sayıda insan tarafından üretilmesi gerektiğidir. Schumacher, teknoloji söz konusu olduğunda bu amaca ulaşmak için aşağıdaki yöntemi önermiştir:

"Asıl görev dört önermeyle formüle edilebilir:

- Birincisi, iş yerlerinin insanların yaşadığı bölgelerde oluşturulması...
- İkincisi, bu işyerlerinin ortalama olarak ucuz olması...
- Üçüncüsü, kullanılan üretim yöntemlerinin nispeten basit olması...
- Dördüncüsü, üretim esas olarak yerel malzemelerden ve esas olarak yerel kullanım için olmalıdır." (p. 145)

Bizim durumumuzda iklim bilgisinden bahsediyoruz, bu nedenle de "işyerleri" dünya çapındaki tüm iklim bilgisi deposundan faydalanabilir. Schumacher'in "dört önermesi" uyum için iklim değişikliği bilimi için ne anlama gelmektedir? Basitçe ifade etmek gerekirse, yerel adaptasyon için anlaşılabilir iklim değişikliği bilimi, üretim sürecinin başından itibaren bir kullanıcı topluluğunun katılımıyla (7), erişilebilir ve basit araçlar kullanılarak yerel bilim topluluğu tarafından yerel olarak oluşturulmalıdır. Bu sadece anlaşılabilirliği sağlamakla kalmaz, aynı zamanda en önemlisi operasyonel ve yerel deneyime dayalı uzman bilgisi biçimlerini de dikkate alır (59). İklim ve diğer şokların hane geliri ve gıda erişimi üzerindeki etkisini simüle etmek için ayrıntılı sosyo-ekonomik verileri kullanan ve Afrika'daki hükümetler tarafından yoksullaşmayı ve hane direncinin aşınmasını önlemek için karar verme sürecinde yaygın olarak kullanılan Hane Ekonomisi Yaklaşımı (60) buna bir örnektir. Young ve diğerleri (61) bu yaklaşımın Namibya'nın belirli bir bölgesi için iklimle ilgili gıda güvenliği riski hikayeleri geliştirmek üzere nasıl bir nedensel ağ içine yerleştirilebileceğini göstermektedir.

Kavramsal çerçevenin gerçeklikten türetilmesi

"karmaşık risk bilgileri ile karar verme arasındaki boşluğu doldurmak" veya "karmaşık risk bilgilerini karar vericiler için tercüme etmek" gibi sıkça bahsedilen bir sorunu çözmektedir. Özellikle iklim bilgisi doğrudan karar alma çerçevesine dahil edilmektedir. Bu, insan kaynakları, finansman ve sistemik verilerin sınırlı, yerel bilginin ise zengin ve bol olduğu Küresel Güney için özellikle önemlidir. Ancak aynı durum Küresel Kuzey'deki bölgelerde de ortaya çıkmaktadır. Örneğin Kanada Arktik bölgesinde, çevresel koşullara ilişkin standart veri ürünlerinin sahada kullanılması veya daha güvenilir yerli bilgi birikimiyle birleştirilmesi zor olabilir (62). Veri ürünlerinin birlikte geliştirilmesinde yerel bilginin dışarıdan dahil edilmesi, daha kullanılabilir iklim bilgileri sağlayabilir ve böylece yerel toplulukları durumlarını anlamlandırmak ve tartışmalı karar alma bağlamlarında kendi durumlarını savunmak için güçlendirebilir (63).

Eşitlik ve meşruiyet ile ilgili zorluklar dikkate alınmalıdır. kurulmasını sağlayan çerçeveler oluşturarak giyinmiştir.

Eşitlikçi ortaklıklar. Bu da başarının tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesine ilişkin bakış açıları ve süreçlerde bir değişim gerektirmektedir (64). Mikorizal bir ağ gibi uygulama topluluklarından oluşan hiyerarşik olmayan bir ekosistemden oluşan, kaynaklar için rekabet etmek yerine kaynakları paylaşan ve "ana ağaçlar" tarafından desteklenen bir yapı öneriyoruz (65). Bu şekilde, uzun vadeli, adil ve güvene dayalı ortaklıklar, eğitim de dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar aracılığıyla beslenebilir ve böylece yerel toplulukların kendi iklim bilgilerini üretmeleri ve anlaşılabilirlik ve katılım duygusu kazanmaları sağlanabilir. Ancak bunun gerçekleşmesi için süreklilik çok önemlidir. Birçok kurumdaki (örneğin devlet bakanlıkları) hızlı görev değişimleri, fikirlerin kullanılmasına karşı çıkmakta ve kişiden kişiye kolayca aktarılabilen sayılara vurgu yapmaktadır. Bu aynı zamanda yerel, bağlamsal bilginin değerini düşürür ve bu nedenle buna direnilmelidir.

Sonuç

İklim biliminde büyük ilerleme kaydettik ve bugün iklim değişikliğinin gerçek olduğunu ve insan faaliyetlerinden kaynaklandığını rahatlıkla söyleyebiliyoruz. İklim bilimi ayrıca bize insan kaynaklı küresel ısınmayı belirli bir seviyede sınırlandırmamız gerektiğini ve bunun için de sera gazı emisyonlarında güçlü bir azaltım yapılması gerektiğini söylüyor. Yaşamsal hedeflerimize ulaşmak için azaltımın da küresel koordinasyon ve hükümet politikaları gerektirdiğini biliyoruz. Dolayısıyla iklim bilgisine yönelik "yukarıdan aşağıya" yaklaşımlar, azaltım hedefleri için bize iyi hizmet etmektedir.

Ancak, adaptasyon için iklim bilgilerinin üretimi ve kullanımı arasında yaygın olarak kabul edilen bir boşluk vardır. Bu durumun nedeninin en azından bir kısmının, küresel ölçekte iklim bilgisine yönelik "yukarıdan aşağıya" yaklaşımlar ile iklim değişikliğinin dikkate alınması gereken birçok faktör arasında sadece bir faktör olduğu "aşağıdan yukarıya" bir perspektifi zorunlu olarak benimseyen yerel karar metinleri arasında köprü kurma zorluğunda yattığı da yaygın olarak kabul edilmektedir. İklim tehlikelerine maruziyeti ve hassasiyeti azaltarak ve toplumların gelişen iklim risklerine proaktif bir şekilde uyum sağlama kapasitelerini artırarak dünya genelinde toplumların kırılganlığını en aza indirecek uyum politikalarına rehberlik edecek iklim değişikliği bilimine şiddetle ihtiyacımız var. Ayrıca uyum politikalarının birçoğunun azaltım faydaları da olduğunu biliyoruz.

Yerel durumların karmaşıklığı ile mücadele etmemiz gerekiyor. yerel gerçeklik. Bununla birlikte, derin belirsizlikle uğraşırken basitlik önemlidir. Yerel toplulukları kendi durumlarını anlamlandırabilmeleri için güçlendirmemiz gerekiyor; bu da iklim bilgilerinin üretilmesi ve analiz edilmesi için güven ve şeffaflık sağlayan metodolojiler geliştirerek sağlanabilir. Schumacher'in dediği gibi:

"Söylemeye gerek yok, zenginlik, eğitim, araştırma ve diğer pek çok şey her uygarlık için gereklidir, ancak bugün en çok ihtiyaç duyulan şey, bu araçların hizmet etmesi gereken amaçların gözden geçirilmesidir." (p. 249)

İklim değişikliği biliminin çoğu mutlaka büyük bilimdir. Ancak iklim bilgisini adaptasyon için kullanılabilir hale getirmek için küçüküğün güzelliğini de keşfetmek gerekir. Schumacher yine bizi aydınlatıyor:

"Bilim ve mühendislik know-how üretir; ancak know-how kendi başına bir hiçtir; sonu olmayan bir araç, sadece bir potansiyel, tamamlanmamış bir cümledir. Eğitim, sentezi tamamlamamıza, potansiyeli insanın yararına bir gerçekliğe dönüştürmemize yardımcı olabilir mi?" (p. 62)

Bunu bizim bağlamımıza tercüme edecek olursak: bilim iklim bilgisi üretir; ancak iklim bilgisi kendi başına bir hiçtir; sonu olmayan bir araç, sadece bir potansiyel, tamamlanmamış bir cümledir. Bu yeni paradigma, *sanki insanlar önemliymiş gibi iklim değişikliği bilimi*, cümleyi tamamlamamıza, potansiyeli herkesin yararına olacak şekilde gerçeğe dönüştürmemize yardımcı olabilir mi?

Finansman

T.G.S. 820712 (RECEIPT) numaralı hibe sözleşmesi kapsamında Avrupa Birliği Hori- zon 2020 Araştırma ve İnovasyon Programı'ndan sağlanan finansmana teşekkür eder. R.R.R. Rede CLIMA (FINEP 01.13.0353-00) ve INCT-MCII (FAPESP 2014/50848- 9, CAPES 88887.136402-00 ve CNPq 465501/2014-1) tarafından desteklenmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, bu işbirliğine vesile olan Dünya İklim Araştırmaları Programı'nın 'İklim Riskim' adlı deniz feneri faaliyetine teşekkürü bir borç bilirler. Hakemler ve Editör tarafından sağlanan yapıcı geri bildirimler için minnettarız.

Yazar Katkıları

Her iki yazar da eseri birlikte tasarlamış ve yazmışlardır.

Veri Kullanılabilirlik Beyanı

Şekil 2'de kullanılan SST ve atmosferik veriler sırasıyla www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html (66) ve http://apps.ecmwf.int/datasets/data/int_erim-full-daily/levtype=sfc/ (67) adreslerinden ücretsiz olarak temin edilebilir. Yağış verileri www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/ adresinde ücretsiz olarak sağlanmaktadır (68).

Referanslar

1. Coen DR. 2021. Kullanılabilir iklim biliminin kısa tarihi. İklim Değişikliği. 167:51.
2. Hewitt C, Mason S, Walland D. 2012. İklim hizmetleri için küresel çerçeve. Nature Clim Change. 2:831-832.
3. Hewitt CD, Allis E, Mason SJ, Muth M, Pulwarty R, vd. 2020. Toplumu iklime dirençli hale getirmek: İklim Hizmetleri için Küresel Çerçeve kapsamında uluslararası ilerleme. Bull Amer Meteor Soc. 101:E237-E252.
4. Nissan H, Goddard L, Coughlan de Perez E, Furlow J, Baethgen W, vd. 2019. Uluslararası kalkınmada iklim değişikliği projeksiyonlarının kullanımı ve kötüye kullanımı üzerine. WIREs İklim Değişikliği. 10:e579.
5. Ulusal Akademiler Ulusal Araştırma Konseyi (NRC). 2001. Atmosferik bilimler ve iklim kurulu (E. J. Barron, Başkan). İçinde: Bir İklim Hizmetleri Vizyonu: Geleceğe Doğru İlk Adımlar. Washington (DC): The National Academies Press.
6. Findlater K, Webber S, Kandlikar M, Donner S. 2021. İklim hizmetleri daha iyi kararlar vaat ediyor ancak esas olarak daha iyi verilere odaklanıyor. Nat Clim Change. 11:731-737.
7. Miller CA, Wyborn C. 2020. Küresel sürdürülebilirlikte ortak üretim: geçmişler ve teoriler. Environ Sci Policy. 113:88-95.
8. IPCC. 2014. İçinde: Pachauri RK, Meyer LA, editörler. İklim Değişikliği 2014: Sentez Raporu. Çalışma Grupları I, II ve III'ün Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporuna Katkısı [Çekirdek Yazım Ekibi], Cenevre, İsviçre: IPCC, 151.

9. Guldi J. 2021. İklim değişikliği çağı ne tür bilgiler gerektiriyor? İklim Değişikliği. 169:3.
10. Miles EL, Snover AK, Binder LW, Sarachik E, Mote P, vd. 2006. Ulusal bir iklim hizmetinin tasarlanmasına yönelik bir yaklaşım. Proc Natl Acad Sci. 103:19616-19623.
11. Wuelser G, Adler C, Breu T, Hadorn GH, Wiesmann U, vd. 2021. Hangi ortak zemin üzerine inşa edilecek? Disiplinler ötesi sürdürülebilirlik araştırmalarında vakalar arasında aktarılabilir bilgi. Sustain Sci 16:1891-1905.
12. Szabo S, Renaud FG, Hossain MS, Sebesvári Z, Matthews Z, vd. 2015. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri tropikal delta bölgeleri için yeni fırsatlar sunuyor. Environ Sci Pol Sustain Dev. 57(4): 16-23.
13. Shepherd TG, Sobel AH. 2020. İklim değişikliğinde yerellik. Comp Stud South Asia Africa Middle East. 40:7-16.
14. Cartwright N. 1999. Benekli Dünya: Bilimin Sınırları Üzerine Bir Çalışma. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.
15. Mirowski P. 1989. Işıktan Çok Isı. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.
16. Funtowicz SO, Ravetz JR. 1993. Post-normal çağ için bilim. Futures 25:739-755.
17. Hulme M. 2018. İklim değişikliği bilgisindeki "boşluklar": var mı? Doldurulabilirler mi? Environ Humanities. 10:1.
18. Schipper ELF, Dubash NK, Mulugetta Y. 2021. İklim değişikliği yeniden araştırması ve çözüm arayışı: disiplinlerarasılığı yeniden düşünmek. İklim Değişikliği. 168:18.
19. Hulme M, O'Neill SJ, Dessai S. 2011. Adaptasyon finansmanı için hava olaylarının ilişkilendirilmesi gerekli mi? Science. 334:764-765.
20. Sobel AH. 2021. Kullanılabilir iklim bilimi, adaptasyon bilimidir. İklim Değişikliği. 166:1-11.
21. Coelho CA, de Oliveira CP, Ambrizzi T, Reboita MS, Carpenedo CB, et al. 2015. 2014 güneydoğu Brezilya avustralya yaz kuraklığı: bölgesel ölçekli mekanizmalar ve telekonneksiyonlar. Clim Dyn. 46: 3737-3752.
22. Seth A, Fernandes K, Camargo SJ. 2015. São Paulo kuraklığının iki yazı: Batı tropikal Pasifik'teki kökenleri. Geophys Res Lett. 42:10816-10823.
23. Rodrigues RR, Taschetto AS, Sen Gupta A, Foltz G. 2019. Güney Amerika'daki şiddetli kuraklıkların ve Güney Atlantik'teki deniz ısı dalgalarının ortak nedeni. Nature Geosci. 12:620-626.
24. Terazono E. 2014. Brezilya'daki kuraklık kahve fiyatlarını artırdı. Financial Times. <https://www.ft.com/content/a256d21a-4d3c-11e4-bf60-00144feab7de>, son erişim 18 Şubat 2022.
25. Wexler A, Lewis JT, Joseps L. 2014. Brezilya'daki kuraklık emtia fiyatlarını sarstı. NY Times. <https://www.wsj.com/articles/SB10001424052702304585004579419473654460330>, son erişim 18 Şubat 2022.
26. Carneiro AP, Soares CHL, Manso PRJ, Pagliosa PR. 2020. Denizdeki sıcak hava dalgaları ve soğuk hava olaylarının çift kabuklu *ANOMALOCARDIA flexuosa* üzerindeki etkisi: mevsimsel bir karşılaştırma. Mar Environ Res. 156:104898.
27. BBC. 2015. Brezilya dang humması vakalarında artışla karşı karşıya. BBC News. www.bbc.com/news/world-latin-america-32589268, son erişim 18 Şubat 2022
28. Getirana A, Libonati R, Cataldi M. 2021. Brezilya su krizinde - bir kuraklık planına ihtiyacı var. Nature 600:218-220.
29. Rodrigues RR, Woollings T. 2017. Atmosferik bloklaşmanın Avustralya yazında Güney Amerika üzerindeki etkisi. J Clim. 30: 1821-1837.
30. Zilli MT, Carvalho LM, Liebmann B, Silva Dias MA. 2017. Brezilya'nın güneydoğu kıyısı üzerindeki aşırı yağış eğilimlerinin kapsamlı bir analizi. Int J Clim. 37: 2269-2279.
31. Pereima MFR, Chaffe PLB, Amorim PB, Rodrigues RR. 2021. Güney Brezilya'da iklim modeli yağışlarının sistematik bir analizi. Int J Clim. baskıda, <https://doi.org/10.1002/joc.7460>.
32. Cai W, McPhaden M, Grimm A, Rodrigues RR, Taschetto A, vd. 2020. Değişen iklimde El Niño-Güney Salınımının Güney Amerika üzerindeki etkisi. Nature Rev Earth Environ. 1:215-231.
33. Carvalho LMV, Jones C, Liebmann B. 2004. Güney Atlantik yakınsama bölgesi: Yoğunluk, biçim, süreklilik ve mevsim içi ile yıllar arası aktivite ve aşırı yağışlarla ilişkiler. J Clim. 17:88-108.
34. Zappa G, Bevacqua E, Shepherd TG. 2021. Gelecekteki iklimin çoklu model projeksiyonlarında potansiyel olarak büyük ancak sağlam olmayan değişikliklerin iletilmesi- tions of future climate. Int J Clim. 41:3657-3669.
35. IPCC. 2021. Politika yapıcılar için özet. İçinde: Masson-Delmotte V ve diğerleri, editörler. İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grubu I'nin Katkısı, Cambridge: Cambridge University Press. Baskıda.
36. Stirling A. 2010. Karmaşık kalsın. Nature 468:1029-1031.
37. Shepherd TG. 2014. İklim değişikliği projeksiyonlarında kesin olmayan bir kaynak olarak atmosferik dolaşım. Nat Geosci. 7:703-708.
38. Wilby RL, Dessai S. 2010. İklim değişikliğine sağlam adaptasyon. Hava Durumu. 65:180-185.
39. Schumacher EF. 1973. Küçük Güzeldir: İnsanlar Önemliymiş Gibi Bir Ekonomi Çalışması. Londra: Blond & Briggs Ltd.
40. Shepherd TG. 2019. Bölgesel iklim değişikliği bilgilerinin oluşturulmasında hikaye çizgisi yaklaşımı. Proc R Soc A. 475:20190013.
41. van der Wiel K, Selden FM, Bintanja R, Blackport R, Screen JA. 2020. İklim-etki modellemesi topluluğu: ılımlı meteorolojik koşullardan kaynaklanan aşırı etkiler. Environ Res Lett. 15:034050.
42. Carvalho LMV. 2020. Amerika'daki yağış eğilimlerinin tarihsel verilerle değerlendirilmesi: bir inceleme. WIREs İklim Değişikliği. 11:e627.
43. Shepherd TG. 2021. İklim değişikliği biliminde fiziksel muhakemeyi istatistiksel uygulamaya dönüştürmek. İklim Değişikliği. 169:2.
44. Martins E, Coelho CAS, Haarsma R, Otto FEL, King AD, vd. 2017. Uzun süreli kuzeydoğu Brezilya hidrometeorolojik kuraklığının (2012-16) çok yönlü bir atf analizi. [2016'daki Aşırı Olayların İklim Perspektifinden Açıklanması içinde]. Bull Amer Meteor Soc. 99:S65-S69.
45. O'Neill BC, Tebaldi C, van Vuuren DP, Eyring V, Friedlingstein P, Hurtt G, Knutti R, Kriegler E, Lamarque J-F, Lowe J, Mehl GA, Moss R, Riahl K, Sanderson BM. 2016. CMIP6 için Senaryo Modeller Arası Karşılaştırma Projesi (ScenarioMIP). Geosci Model Dev. 9:3461-3482.
46. Marchau VAWJ, Walker WE, Bloemen PJTM, Popper SW. 2019. Derin Belirsizlik Altında Karar Verme. Cham (CH): Springer.
47. Saravanan R. 2022. İklim Şeytanı: İklim Tahmininin Dünü, Bugünü ve Geleceği. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.
48. Parker WS, Risbey JS. 2015. Yanlış kesinlik, sürpriz ve kanıtlanmış belirsizlik değerlendirmesi. Phil Trans R Soc Lond A. 373:20140453.
49. Fenton N, Neil M. 2019. Bayesian Ağları ile Risk Değerlendirmesi ve Karar Analizi. 2. baskı Boca Raton (FL): CRC Press.
50. Reichstein M, Camps-Valls G, Stevens B, Jung M, Denzler J, vd. 2019. Veri odaklı Dünya sistemi bilimi için derin öğrenme ve süreç anlayışı. Nature. 566:195-204.
51. Pearl J, Mackenzie D. 2018. The Book of Why. New York (NY): Basic Books.
52. Lloyd EA, Oreskes N. 2018. İklim değişikliği atfı: yeni yöntemleri kabul etmek ne zaman uygundur? Dünya'nın Geleceği 6:311-325.
53. Pearl J. 2009. İstatistikte nedensel çıkarım: genel bir bakış. Stat Surv. 3:96-146.

54. Pulkkinen K, Undorf S, Bender F, Wikman-Svahn P, Doblas-Reyes F, *vd.* 2022. İklim biliminde değerlerin değeri. *Nat Clim Change*. 12:4-6.
55. Ellison AM. 1996. Eko-mantıksal araştırmalar ve çevresel karar verme süreçleri için Bayesian çıkarımına giriş. *Ecol Appl*. 6:1036-1046.
56. Hegerl GC, Hoegh-Guldberg O, Casassa G, Hoerling M, Kovats S, *et al.* 2010. Antropojenik iklim değişikliğiyle ilgili tespit ve dağıtım ilişkini iyi uygulama kılavuz belgesi. IPCC Antropojenik İklim Değişikliği ile İlgili Tespit ve Atfütme Uzman Toplantısı Raporu içinde. Cenevre: Dünya Meteoroloji Örgütü.
57. Rodrigues RR. 2021. Aşağıdan yukarıya: bilim Küresel Güney için eşit derecede önemlidir. *Commun Earth Environ*. 2:100.
58. Kretschmer M, Adams SV, Arribas A, Prudden R, Robinson N, *vd.* 2021. Telekonneksiyonların nedensel yollarının ölçülmesi. *Bull Amer Meteor Soc*. 102:E2247-E2263.
59. Lloyd EA, Shepherd TG. 2020. Çevresel felaketler, iklim değişikliği ve ilişkilendirme. *Ann N Y Acad Sci*. 1469: 105-124.
60. Seaman JA, Sawdon GE, Acidri J, Petty C. 2014. Hanehalkı ekonomisi yaklaşımı. Gelişmekte olan ülkelerde iklim değişikliğinin yoksulluk ve gıda güvenliği üzerindeki etkisini yönetmek. *İklim Risk Yönetimi*. 4-5:59-68.
61. Young H, Shepherd TG, Acidri J, Cornforth RJ, Petty C, *et al.* 2021. Karar verme süreci için hikayeler: Namibya'da iklim ve gıda güvenliği . *İklim Gelişimi*. 13:515-528.
62. Simonee N, Alooloo J, Carter NA, Ljubicic G, Dawson J. 2021. Sila Qanuippa? (Hava nasıl?): Değişen bir iklimde Pond Inlet, Nunavut çevresinde seyahat güvenliğini desteklemek için Inuit Qaujima-jatuqangit ve çevresel tahmin ürünlerinin entegrasyonu. *Wea Clim Soc*. 13: 933-962.
63. Wilson K, Arreak A, Bell T, Ljubicic G. 2021. Mittimatalik siku asijjipallianinga (deniz buzu iklim atlası): Inuit bilgi birikimi, Dünya gözlemleri ve deniz buzu haritaları IPCC iklim bilgi boşluklarını nasıl doldurabilir? *Front Clim*. 3:715105.
64. Vincent K, Carter S, Steynor A, Visman E, Wägsæther KL. 2020. Ortak üretimde güç dengesizliklerinin giderilmesi. *Nat Clim Change*. 10:877-878.
65. Simard S. 2021. Ana Ağacı Bulmak. Londra: Allen Lane.
66. Reynolds RW, *vd.* 2007. Deniz yüzeyi sıcaklığı için günlük yüksek çözünürlüklü harmanlanmış analizler. *J Clim*. 20:5473-5496.
67. Dee DP, *vd.* 2011. ERA-Interim reanalizi: veri asimilasyon sisteminin yapılandırılması ve performansı. *Q J R Meteorol Soc*. 137:553-597.
68. Huffman GJ, *et al.* 2001. Çoklu uydu gözlemlerinden bir derecelik günlük çözünürlükte küresel yağış. *J Hydrometeorol*. 2:36-50.