ÖZET

SİNİR AĞININ DEAKTİVE EDİLECEK BİR NÖRONUNU SAPTAMAK ÜZERE BİR SİNİR AĞI VE BİR İLETİŞİM BİRİMİ İÇEREN BİR İLETİŞİM SİSTEMİNE SAHİP ARAÇ

Buluş, en az bir birinci iletişim birimi (1) ve bir ikinci iletişim birimi (2) ve nöronları olan bir sinir ağı (5) içeren bir iletişim sistemine (4) sahip olan bir araç (3) ile ilgilidir, burada birinci iletişim birimi (1), veri iletimine yönelik olarak aracın en az bir birinci sensörüne (6_1) bağlanır veya aracın bir kontrol aparatına entegre edilir ve birinci sensör (6_1) veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanır ve ikinci iletişim birimi (2), verileri almak ve verilere dayanarak eğitim veri dizileri (22) oluşturmak ve eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerine ait değerlerdeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının (5) nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek ve seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının (5) eğitimini sürdürmek üzere tasarlanır.

Şekil 1

İSTEMLER

1. En az bir birinci iletişim birimini (1) ve bir ikinci iletişim birimini (2) ve nöronları olan bir sinir ağını (5) içeren bir iletişim sistemine (4) sahip bir araç (3) olup, özelliği birinci iletişim biriminin (1), veri iletimine yönelik olarak aracın en az bir birinci sensörüne (6_1) bağlanması veya aracın bir kontrol aparatına entegre edilmesi ve birinci sensör (6_1) veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanması ve ikinci iletişim biriminin (2), verileri almak ve verilere dayanarak eğitim veri dizileri (22) oluşturmak ve eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerine ait değerlerdeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının (5) nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek ve seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının (5) eğitimini sürdürmek üzere tasarlanmasıdır.

2. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin değerlerinin, sinir ağının (5) ağırlık değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), eğitim sırasında sinir ağının (5) ilgili iki nöronu arasında ilgili bir bağlantının kuvvetine işaret eden ağırlık değerlerinin değişimlerini izlemek ve seçilen nöron ve sinir ağının (5) bir diğer nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden seçilen nöronun ağırlık değerindeki bir değişimin, ağırlık değerlerinde izlenen tüm değişimler arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen bir birinci sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanmasıdır.

3. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin değerlerinin, her biri sinir ağının (5) iki nöronu arasındaki ilgili bir bağlantının kuvvetine işaret eden sinir ağının (5) ağırlık değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), birçok eğitim dönemi boyunca ağırlık değerlerinin değişimlerini izlemek ve dönemler boyunca seçilen nöron ve sinir ağının (5) bir diğer nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden seçilen nöronun bir ağırlık değerindeki ortalama bir değişimin, dönemler boyunca izlenen ağırlıkların değerlerinin tüm ortalama değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen bir ikinci sınır

değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanmasıdır.

4. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin değerlerinin, her biri sinir ağının (5) iki nöronu arasındaki ilgili bir bağlantının kuvvetine işaret eden sinir ağının (5) ağırlık değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), birçok eğitim dönemi boyunca ağırlık değerlerinin değişimlerini izlemek ve seçilen nöron ve sinir ağının (5) bir diğer nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden seçilen nöronun ağırlık değerindeki bir dalgalanmanın, dönemler boyunca izlenen ağırlık değerlerinin tüm dalgalanmaları arasında dönemler boyunca en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen üçüncü bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanmasıdır.

5. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametre değerlerinin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden nöronların eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), eğitim sırasında eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve seçilen nöronun bir aktivasyon eşiğine işaret eden seçilen nöronunun eşik değerindeki bir değişimin, eşik değerlerinin izlenen tüm değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen dördüncü bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanmasıdır.

6. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin değerlerinin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden nöronların eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2) birçok eğitim dönemi boyunca eğitim sırasında eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve dönemler boyunca, seçilen nöronun bir aktivasyon eşiğine işaret eden seçilen nöronun bir eşik değerindeki ortalama bir değişimin, dönemler boyunca eşik değerlerinin izlenen tüm ortalama değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen beşinci bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanmasıdır.

7. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin değerlerinin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden nöronların eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), birçok eğitim dönemi boyunca eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve seçilen nöronun bir aktivasyon eşiğine işaret

eden seçilen nöronun bir eşik değerindeki bir dalgalanmanın, dönemler boyunca izlenen eşik değerlerinin tüm dalgalanmaları arasında dönemler boyunca en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen altıncı bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanmasıdır.

8. Bir araca (3) yönelik iletişim sistemi (4) olup, özelliği iletişim sisteminin (4) en az bir birinci iletişim birimine (1) ve bir ikinci iletişim birimine (2) ve nöronları olan bir sinir ağına (5) sahip olmasıdır, burada birinci iletişim birimi (1), veri iletimine yönelik olarak aracın (3) en az bir birinci sensörüne (6_1) bağlanabilir veya aracın (3) bir kontrol aparatına entegre edilebilir ve birinci sensör (6_1) veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanır ve ikinci iletişim birimi (2), verileri almak ve verilere dayanarak eğitim veri dizileri (22) oluşturmak ve eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerine ait değerlerdeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının (5) nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek ve seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının (5) eğitimini sürdürmek üzere tasarlanır.

9. Araçta (3) sinir ağının (5) kullanımına yönelik olarak bir aracın (3) iletişim sisteminin (4) bir sinir ağını (5) eğitmeye yönelik yöntem olup, özelliği iletişim sisteminin (4) en az bir birinci iletişim birimine (1), bir ikinci iletişim birimine (2) ve nöronları olan sinir ağına (5) sahip olmasıdır, yöntem aşağıdaki adımları içerir:

- aracın (3) bir birinci sensörü (6_1) veya bir kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan
  verilerin, birinci iletişim birimi (1) yardımıyla ikinci iletişim birimine (2) gönderilmesi;
- ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla verilerin alınması;
- ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerinin (22) oluşturulması;
- eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak sinir ağının (5) eğitiminin

gerçekleştirilmesi;

- sinir ağı (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimlerin saptanması;
- parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının (5) nöronlarının en az bir nöronunun seçilmesi;
- seçilen nöronun deaktivasyonunun gerçekleştirilmesi;
- seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının (5) eğitimine devam edilmesi.

10. Bir veya daha fazla işlemci ile yürütülebilen komutlara sahip bir bilgisayar programı ürünü olup, özelliği komutların yürütülmesinin, işlemcinin veya işlemcilerin istem 9'a göre yöntemi gerçekleştirmesini sağlamasıdır.

TARİFNAME

SİNİR AĞININ DEAKTİVE EDİLECEK BİR NÖRONUNU SAPTAMAK ÜZERE BİR SİNİR AĞI VE BİR İLETİŞİM BİRİMİ İÇEREN BİR İLETİŞİM SİSTEMİNE SAHİP ARAÇ

Buluş, bir sinir ağı içeren bir iletişim sistemine sahip bir araç, bir aracın iletişim sisteminin bir sinir ağının eğitilmesine yönelik bir yöntem ve yöntemin gerçekleştirilmesine yönelik bir bilgisayar programı ürünü ile ilgilidir.

Aracın bileşenlerini kontrol etmek ve düzenlemek üzere araçlarda sinir ağlarının kullanıldığı bilinir. Ayrıca, yeni eğitim verilerinin mevcut olması durumunda sinir ağlarının tekrar eğitildiği bilinir. Örneğin eğitim verileri, bir veya birden fazla aracın kullanımı sırasında oluşturulabilir.

En az bir birinci iletişim birimi ve bir ikinci iletişim birimi ve nöronları olan bir sinir ağı içeren bir iletişim sistemine sahip olan bir araç önerilir. Birinci iletişim birimi, veri iletimine yönelik olarak aracın bir sensörüne bağlanır ve aracın bir kontrol aparatına entegre edilir. Ayrıca birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine göndermek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, verileri almak ve verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerini oluşturmak ve eğitim veri dizilerine bağlı olarak araçta sinir ağının kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının eğitimini gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Ayrıca ikinci iletişim birimi, eğitim sırasında sinir ağının parametrelerine ait değerleri değiştirmek üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi, parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi aynı zamanda, seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının eğitimini sürdürmek üzere tasarlanır.

Sensör ve kontrol aparatı tarafından oluşturulan veriler örneğin sensör değerleri veya kontrol değerleri olabilir. Olası bir varyanta göre kontrol aparatı, sensör değerlerine bağlı olarak kontrol değerlerini hesaplayabilir. Sensör özellikle, aracın bir araç bileşeninde ölçülen fiziksel değişkeni ve/veya bu fiziksel değişkende ölçülen değişimi bir elektriksel değişkene ve/veya bu elektriksel değişkendeki bir değişime dönüştürmek üzere tasarlanır.

Birinci iletişim birimi örneğin, bir birinci işlemci formunda, özellikle bir birinci mikroişlemci formunda düzenlenebilir. Birinci iletişim birimi tercihen, düzenli zaman aralıklarında sensör değerlerini kaydetmek üzere elektrik hatları vasıtasıyla sensöre bağlanır. Sensör değerleri örneğin her durumda farklı zaman noktalarında elektriksel değişkeni ve/veya elektriksel değişkendeki değişimi dijital formda açıklayabilir.

Yukarıda açıklandığı üzere birinci iletişim birimi alternatif olarak aracın kontrol aparatına entegre edilebilir. Burada birinci iletişim birimi örneğin kontrol aparatının bir verici birimi formunda düzenlenebilir. Avantajlı bir şekilde birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verilerin ikinci iletişim birimine gönderilebilmesi amacıyla aracın bir veriyolu sistemine, örneğin aracın bir CAN veriyolu sistemine bağlanır.

Buluş çerçevesinde birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri, aşağıda kısaca veriler olarak işaret edilir, ikinci iletişim birimine göndermek üzere düzenlenen ve tasarlanan bir elektronik birim, bir elektronik bileşen veya sistem olarak anlaşılabilir.

Verilerin alınabilmesi amacıyla ikinci iletişim birimi, olası bir düzenlemeye göre veriyolu sistemine bağlanır. İkinci iletişim birimi avantajlı bir şekilde en az bir ikinci işlemciye, özellikle bir ikinci mikroişlemciye sahiptir.

Aşağıda aynı zamanda kısaca ağ olarak adlandırılan sinir ağı, iletişim sistemi içinde tercihen sinir ağının parametrelerinin depolanmış değerleri ve tercihen bir ağ yapısı üzerine depolanan bilgiler formunda soyut biçimde bulunur. Özellikle ağın parametrelerine ait değerler ve yapı üzerine bilgiler ikinci mikroişlemcide, özellikle ikinci mikroişlemcinin ön belleğine depolanabilir. Ağın parametrelerine ait değerler örneğin sinir ağının ağırlık değerlerini veya sinir ağının nöronlarının eşik değerlerini içerebilir. Her bir ağırlığın değeri her durumda sinir ağının ilgili iki nöron çifti arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eder.

Avantajlı bir şekilde ağ, parametrelerin değerleri ve yapı üzerine bilgiler yoluyla tamamen tanımlanabilir. Yapı üzerine bilgiler örneğin ağın kaç nöron katmanı içerdiğini belirtebilir. Katmanlar tercihen, giriş nöronları olan bir giriş tabakası, bir, iki veya daha fazla gizli nöron katmanı ve çıkış nöronları veya bir çıkış nöronu olan bir çıkış tabakası içerir. Her bir katmandaki nöronlar her durumda ağ içinde aşağıdaki katmanın bir veya daha fazla

katmanına yönelik bir bağlantıya sahiptir. Ağın her bir farklı katmanından iki nöron arasındaki ilgili bağlantı ile ilişkili ilgili ağırlık değeri, ilgili bağlantı vasıtasıyla bağlanan söz konusu iki nöron arasındaki ilgili bağlantının kuvvetine işaret eder.

Giriş tabakasının nöronları ve birinci gizli katmanın nöronları arasındaki ağırlık değerleri tercihen bir birinci matriks formunda depolanır. Birinci gizli katmanın ve ağda doğrudan birinci katmanı takip eden ikinci gizli katmanın nöronları ağırlık değerleri tercihen bir ikinci matriks formunda depolanır. Buna uygun olarak bir (n-1) sırasındaki gizli katman ve bir n sırasındaki katmanın nöronları arasındaki ağırlık değerleri tercihen n sırasındaki matriks formunda depolanabilir.

Nöronların eşik değerlerine ait değerler avantajlı olarak bir diğer matriks ile birlikte depolanır. Ağın yapısı, bir yapı dosyası formunda depolanabilir. Yapı dosyası tercihen bir baş kısma, söz konusu başlığa, bir diğer matrikse, birinci matrikse ve ikinci matrikse sahiptir. Özellikle yapının her bir gizli katmanına yönelik yapı dosyası, ilgili matriks yardımıyla ilgili katmanın nöronlarının ağırlık değerlerinin depolanması amacıyla ilgili bir matriksi içerir. Başlık örneğin, ağın nöronlarının aktivasyon fonksiyonları tipi üzerine bilgileri kapsayabilir. Bu şekilde açıklanan yapı dosyasının yalnızca, ağın parametrelerine ait değerlerin ve ağın yapısı üzerine bilgilerin soyut bir formda nasıl depolanabileceğine yönelik bir örnek olduğu anlaşılır.

İkinci iletişim birimi, ağın eğitimini gerçekleştirmeye yönelik olarak tercihen bir makine öğrenme modülüne (ML modülü) sahiptir. Bu açıklama çerçevesinde ağ, bir yapay sinir ağı olarak anlaşılabilir. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü tercihen ağı simüle etmek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, örneğin yapı dosyası kullanımı yoluyla bunu gerçekleştirebilir. Ağın simüle edilmesi ile örneğin ilgili nöronun giriş değerlerine bağlı olarak, ilgili nöronun aktivasyon fonksiyonu kullanılarak ilgili nöronun ilgili bir çıkış değerinin hesaplanması kastedilir. İlgili nöronun çalışma biçimi özellikle, aktivasyon fonksiyonu kullanılarak ilgili nöronun çıkış değerinin ve ilgili nöronun eşik değerinin hesaplanması yoluyla ve ilgili nöronun giriş değerlerine bağlı olarak simüle edilebilir.

Burada kullanıldığı haliyle “modül” terimi, örneğin “modül” ile ilişkili fonksiyonlardan birini gerçekleştirmek için uygun olan, özellikle bunun için tasarlanan bir yürütülebilir program, bir yapay zeka (KI), bir bulanık mantık gibi bilinen veya gelecekte geliştirilecek olan

herhangi bir donanım, yazılım türünü veya donanım ve bir donanım ve yazılım kombinasyonunu tanımlar.

Tercihen ML modülü, ağ bir öğrenim durumunda olduğunda ağın bir giriş veri dizisine bağlı olarak, ağın bir çıkış veri dizisinin hesaplanmasını gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Ağın giriş veri dizisi, giriş veri dizine bağlı olarak ağın çıkış veri dizisini hesaplamaya yönelik bir talep olarak anlaşılabilir. Giriş veri dizisi ve çıkış veri dizisinin her biri ilgili değerlere, tercihen, giriş veri dizisinin veya çıkış veri dizisinin ilgili elemanı olarak reel sayılara sahip olabilir. Eğitilen ağın yardımıyla giriş veri dizisine bağlı olarak çıkış veri dizisinin hesaplanması, araçta ağın kullanımına yönelik olası bir varyant olabilir.

Giriş veri dizisi örneğin, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan gelecekteki verilere sahip olabilir. Gelecekteki veriler tercihen, yukarıdaki söz konusu veriler ile aynı yöntemlere göre oluşturulur. Çıkış veri dizisi örneğin araç bileşenini veya aracın bir diğer araç bileşenini kontrol etmek veya düzenlemek üzere kullanılabilir.

ML modülü tercihen, ML modülünün birçok girişinde akım veya gerilim değerleri formunda giriş veri dizisinin değerlerini okumak üzere düzenlenir veya tasarlanır. Buna uygun olarak ML modülü tercihen, ML modülünün bir girişinde, tercihen birden fazla girişinde akım ve gerilim değerleri formunda çıkış veri dizisinin değerlerini vermek üzere düzenlenir ve tasarlanır.

ML modülü tercihen, çok boyutlu uzamlarda fonksiyonları benzetmeye uygun bir veya daha fazla matematiksel fonksiyona sahiptir. Bir veya daha fazla matematiksel fonksiyon tercihen, nöronların farklı aktivasyon fonksiyonlarına sahip olması halinde, en azından nöronların aktivasyon fonksiyonunu veya birçok farklı aktivasyon fonksiyonunu içerir. Ağ örneğin bir kıvrımlı sinir ağı veya radyal bazlı fonksiyon (RBF ağı) olabilir. ML modülü tercihen, ağın parametrelerine ait değerlere bağlı olarak çıkış veri dizisinin değerlerini hesaplamayı gerçekleştirmek üzere düzenlenir ve tasarlanır.

Olası bir düzenlemeye göre çıkış veri dizisinin değerlerinin her biri, ilgili sınıfın giriş veri dizisine tahsis edilebilmesini sağlayan bir olasılığı temsil eder. Örneğin çıkış veri dizisinin değerlerinin her biri, ilgili sınıfa yönelik bir güven değerine işaret edebilir. Çıkış veri dizisinin ilgili güven değerleri, giriş veri dizisinin ilgili sınıfa doğru bir şekilde tahsis edilmesi olasılığı bakımından ilgili sınıfa yönelik bir ölçüte işaret eder.

Örneğin çıkış veri dizisi, giriş veri dizisine birinci sınıfın, ikinci sınıfın veya üçüncü sınıfın doğru bir şekilde tahsis edileceği şekilde her biri sıfır ve yüzde yüz arasında bir olasılığa işaret eden üç reel sayı içerebilir. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, giriş veri dizisine doğru bir şekilde tahsis edilmesi bakımından olasılığı en yüksek olan ilgili sınıfı seçebilir.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, eğitim veri dizilerine bağlı olarak ağın eğitilmesini gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Aşağıda örnek olarak, ikinci iletişim biriminin, özellikle ML modülünün, eğitim veri dizileri yardımıyla ağı nasıl eğitebildiğini açıklanır.

Eğitilmemiş durumda ağın parametrelerine ait değer henüz eğitim veri dizilerine uyarlanmaz. Örneğin eğitilmemiş durumda parametrelerin değerleri rastgele sayılar olabilir. Rastgele sayılar örneğin, ağın bir başlatma prosesi ile hesaplanabilir. Burada ağın parametrelerine ait değerler bir rastgele sayıya eşit olarak ayarlanır.

Eğitim veri dizilerinin her biri bir giriş veri dizisine ve ilgili giriş veri dizisine karşılık gelen bir çıkış veri dizisine sahiptir. İlgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisi ve çıkış veri dizisinin her biri değerlere, tercihen reel sayılara sahiptir. Eğitim veri dizilerinin giriş ve çıkış veri dizilerinin her biri tercihen, yukarıda bahsi geçen giriş veri dizisi veya yukarıda bahsi geçen çıkış veri dizisi ile aynı boyuta sahiptir.

Ayrıca ikinci iletişim birimi tercihen verilere, özellikle sensör verilerine ve/veya kontrol verilerine bağlı olarak eğitim veri dizilerini oluşturmak üzere tasarlanır. Bu durum ağın araçta kullanımı sırasında dahi ağın eğitilmesine olanak sağlar. Bu tür bir proses aynı zamanda “sürekli öğrenme” terimi ile bilinir.

Bir örneğe göre sensör değerleri, farklı zaman noktalarında sensör değerlerinin ilgili sensör değeri veya sensör değerlerinin ilgili bir sensör değerleri dizisi saptanabilir. Benzer şekilde sensör değerleri, farklı zaman noktalarında kontrol değerlerinin ilgili kontrol değeri veya kontrol değerlerinin ilgili bir kontrol değerleri dizisi saptanabilir.

Bir varyanta göre ilgili zaman noktasına, eğitim veri dizilerinin ilgili bir eğitim dizisi tahsis edilebilir.

İlgili iletişim birimi, ilgili sensör değerine ve/veya kontrol değerine veya ilgili sensör değerleri ve/veya kontrol değerleri dizisine bağlı olarak ilgili eğitim veri dizilerinin giriş veri dizisini oluşturmak üzere düzenlenebilir. İlgili eğitim veri dizilerinin ilgili giriş veri dizisi örneğin ilgili sensör değerine ve/veya kontrol değerine ve/veya ilgili bir sensör değerleri ve/veya kontrol değerleri dizisine sahip olabilir.

Ayrıca ikinci iletişim birimi, ilgili bir hedef değere veya ilgili bir hedef değerleri dizisine bağlı olarak ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisini oluşturmak üzere tasarlanabilir. Özellikle ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisi, ilgili hedef değere veya ilgili bir hedef değerleri dizisine sahip olabilir. Hedef değerler veya hedef değerleri dizileri örneğin araçtaki manuel girişler vasıtasıyla veya otomatik olarak elde edilebilir.

Örneğin aracın bir diğer kontrol aparatı, hedef değerleri veya hedef değerleri dizilerini saptayabilir, özellikle hesaplayabilir. Bir örneğe göre hedef değerleri veya hedef değerleri dizileri her durumda, ilgili eğitim veri dizisinin tahsis edildiği ilgili zaman noktasında gerçekleşen ilgili bir trafik durumunun değerlendirmesini tanımlayabilir. Bu örneğe göre ilgili sensör değeri, ilgili sensör değerleri dizisi, ilgili kontrol değeri ve/veya ilgili kontrol değerleri dizisi, ilgili bir trafik durumunu tanımlamaya yönelik bilgi içerebilir. İlgili kontrol aparatı, diğer sensör verilerine bağlı olarak bir varyanta göre hedef değerleri veya hedef değerleri dizilerini hesaplayabilir. İlgili sensör verileri tercihen, ilgili bir diğer zaman noktasında aracın ilgili durumunu tanımlayabilir. İlgili diğer zaman noktası, zaman bakımından, ilgili trafik durumunun oluştuğu ilgili zaman noktasından sonra yer alır.

Ağın eğitilmesi sırasında ağın parametrelerinin değerleri, eğitim veri dizilerine uyarlanır. Tercihen parametrelerin değerleri, bir kayıp fonksiyonunun değeri azaltılacak şekilde değiştirilir. Kayıp fonksiyonunun değeri tercihen, ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisine karşılık gelen ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak eğitim veri dizilerinin çıkış veri dizilerinin yaklaştırılması sırasındaki bir hata ile ilişkilidir.

Kayıp fonksiyonu, özellikle hata tercihen bir hata kareleri toplamı formunda oluşturulabilir. Tercihen kayıp fonksiyonunun değeri, sapmaların bir fonksiyonu olarak hesaplanır. İlgili sapma özellikle, ağın ilgili bir eğitim çıkış veri dizisinin hesaplanmış değerleri ve ilgili eğitim veri dizisinin ilgili çıkış veri dizisi değerleri arasındaki ilgili bir sapmadan kaynaklanır.

İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, ML modülünün parametrelerinin değerlerine bağlı olarak ve her durumda ilgili çıkış veri dizisine sahip olan ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak ağın ilgili eğitim çıkış veri dizisini hesaplayabilir. Buna uygun olarak ilgili eğitim çıkış veri dizisi, ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine ve çıkış veri dizisine karşılık gelir.

Ağın eğitim çıkış veri dizileri, eğitim çıkış veri dizilerinin çıkış veri dizileri ile aynı boyuta sahiptir. Özellikle ilgili eğitim çıkış veri dizisinin ilgili elemanları tip olarak ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisinin ilgili elemanlarına karşılık gelir. Ağ yardımıyla ve ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak bir hesaplama, bu ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisinin yaklaştırılması olarak anlaşılabilir.

Sapmalara bağlı olarak ağın parametrelerinin değerlerindeki bir değişim, eğitim veri dizilerinin çıkış veri dizilerinin yaklaştırılması sırasındaki hatayı, özellikle kayıp fonksiyonunun değerini azaltabilir. Kayıp fonksiyonunun değerinin önceden belirlenen bir sınırın altına düşmesi durumunda ağ eğitilmiş olarak kabul edilebilir, yani ağ eğitilmiş bir durumda bulunur. Ağın ilgili parametresinin değerindeki ilgili değişim tercihen, örneğin doğrusal regresyon, geri yayılım ve/veya K ortalama değerlerinin belirlenmesi gibi bir veya daha fazla öğrenme algoritmasının kullanımı ile gerçekleştirilebilir ve ML modülünün (makine öğrenme modülü) ismi nedeniyle aşağıda “makine öğrenimi” olarak işaret edilir.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi, eğitim sırasında ağın değerlerindeki değişimleri saptamak üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü avantajlı bir şekilde, tercihen eğitimin ilgili dönemi boyunca, buradan itibaren aynı zamanda eğitim dönemi olarak işaret edilecektir, ağın ilgili parametre değerindeki ilgili değişimi hesaplamak üzere tasarlanır. İlgili dönem boyunca tercihen her bir eğitim veri dizisine yönelik olarak, ilgili eğitim çıkış veri dizisinin hesaplanmış değerleri ve ilgili eğitim veri dizisinin ilgili çıkış veri dizisi değerleri arasındaki ilgili sapma hesaplanır. Dönem başına özellikle, belirlenen tüm sapmalara bağlı olarak bir kayıp fonksiyonu değeri oluşturulur.

Özellikle ML modülü, ilgili dönem boyunca ilgili parametrenin değerindeki hesaplanan değişim yardımıyla ilgili parametrenin ilgili değerini güncellemek üzere tasarlanır. İlgili parametrenin ilgili değerindeki değişim örneğin, kayıp fonksiyonunun, özellikle hatanın ilgili parametreye göre türetildiği bir gradyan yöntemi vasıtasıyla hesaplanabilir. Burada

ilgili parametrenin değerine göre kayıp fonksiyonunun, özellikle hatanın ilgili türevine bağlı olarak ilgili parametrenin değerindeki değişim hesaplanabilir. Örneğin ilgili parametrenin değerindeki değişim, bir öğrenme katsayısı ile ilgili türevin çarpımı yoluyla belirlenebilir. İkinci iletişim birimi yardımıyla parametre değerindeki değişimin saptanması örneğin, parametrelerin değerlerindeki değişimlere ait değerlerin ikinci iletişim biriminin belleğine geçici olarak depolanmasını içerebilir.

Farklı sinir ağlarının çok sayıda eğitim prosesi gözlemlenerek, parametrelerin değerlerindeki değişimlerdeki ilgili miktarının, ağın, eğitim veri dizileri yoluyla tanımlanan teknik bağlamı nasıl iyi bir şekilde öğrenebildiği üzerine bilgi sağlayabildiği bulunmuştur. Özellikle ağın parametrelerinin değerinin, eğitim veri dizilerine aşırı uyum göstermesinin, çoğunlukla parametrelerin değerlerindeki değişimlerin fazla yüksek olduğu eğitim sırasında meydana geldiği belirlenmiştir.

Özellikle birçok durumda ayrı nöronların, spesifik olarak ağın tek bir nöronunun, ağın eğitim veri dizilerine aşırı uyum göstermesi durumunda diğer nöronların ağırlık değerlerindeki değişimlere kıyasla bunun ağırlığının bir veya daha fazla değerinde nispeten yüksek bir değişime sahip olduğu belirlenmiştir.

Aşırı uyum gösterme örneğin ağın, eğitimden sonra zayıf bir genelleme kapasitesine sahip olması ile tespit edilebilir. Ağın genelleme kapasitesi özellikle test veri dizileri yardımıyla denenebilir. Test veri dizileri, eğitim veri dizilerine benzer şekilde düzenlenir, fakat yukarıda bahsi geçen eğitime yönelik olarak kullanılmaz. Eğitimden sonra eğitilmiş olan ağa her durumda test veri dizilerinin giriş veri dizileri sunulur, yani ağın girişlerinde oluşturulur.

Ayrıca tercihen ilgili test veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak, eğitilmiş ağ yardımıyla ilgili bir test çıkış veri dizisi hesaplanır. Test çıkış veri dizilerinin her biri, yukarıda bahsi geçen eğitim çıkış veri dizileri ile aynı formata sahiptir. Genelleme kapasitesinin sayısal olarak belirlenebilmesi amacıyla, test çıkış veri dizisinin ortalama bir hatası avantajlı bir şekilde, test veri dizilerinin çıkış veri dizilerine göre hesaplanır. Bu amaçla örneğin her bir test veri dizisine yönelik olarak, ilgili test veri dizisinin çıkış veri dizisi ve ilgili test veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak hesaplanan test çıkış veri dizisi arasındaki ilgili bir sapma belirlenebilir. Genelleme kapasitesi örneğin, bu sapmaların bir ortalama karesi formunda hesaplanabilir.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek üzere tasarlanır. Bu nörona aşağıda seçilen nöron olarak işaret edilir. Buluşa göre ikinci iletişim birimi aynı zamanda, seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının eğitimini sürdürmek üzere tasarlanır.

Seçilen nöronun bulunduğu ağın bir katmana aşağıda, seçilen nöron katmanı olarak işaret edilir. İkinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, seçilen nöron ve seçilen nöron katmanına göre bir sonraki katmanın bir veya daha fazla nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden toplam ağırlık değerlerinin sıfıra eşitlenmesi yoluyla seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirebilir. Bu ağırlığa aşağıda, seçilen nörondan giden ağırlıklar veya kısaca giden ağırlıklar olarak işaret edilir. Alternatif veya ek olarak ikinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, giden ağırlığa erişimin engellenmesi yoluyla seçilen nöronu deaktive edebilir, böylelikle giden ağırlıklar bir diğer eğitimde değiştirilemez.

Alternatif veya ek olarak ikinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, seçilen nöron ve seçilen nöron katmanına göre bir önceki katmanın bir veya daha fazla nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden toplam ağırlık değerlerinin sıfıra eşitlenmesi yoluyla seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirebilir. Bu ağırlığa aşağıda, seçilen nörondan gelen ağırlıklar veya kısaca gelen ağırlıklar olarak işaret edilir. Alternatif veya ek olarak ikinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, gelen ağırlığa erişimin engellenmesi yoluyla seçilen nöronu deaktive edebilir, böylelikle gelen ağırlıklar bir diğer eğitimde değiştirilemez.

Giden ve gelen ağırlıkların “sıfıra ayarlanması” seçilen nöronun, giriş nöronlarının giriş değerlerinin değişmesi durumunda, ağın hesaplanan bir çıkış değerinin değişimi üzerinde herhangi bir etkisinin olmamasına neden olur.

Seçilen nöronu deaktive etmek üzere ikinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, her durumda gelen ağırlıkların değerlerine ve/veya giden ağırlıkların değerlerine sahip olan bir matriksin sütunlarını ve/veya satırlarını silebilir. Ayrıca ikinci iletişim biriminin, tercihen ML modülünün, bir diğer eğitimde seçilen nöronun bir çıkış değerini her zaman sıfıra

ayarlaması mümkündür. Buna ek olarak seçilen nöronun ağdan uzaklaştırılması mümkündür. Burada tercihen seçilen nörona yönelik tüm bağlantılar uzaklaştırılır.

Her durumda seçilen nöronun deaktive edilmesi, giriş nöronlarının giriş değerlerinin değişmesi durumunda, ağın hesaplanan bir çıkış değerinin değişimi üzerinde herhangi bir etkisinin olmamasına neden olur. Bu durum özellikle seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak eğitimin sürdürülmesi durumunda geçerlidir.

İkinci iletişim birimi, tercihen ML modülü, seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak bir diğer eğitimi gerçekleştirir. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, yukarıda açıklanan eğitimin tekrarlanması yoluyla tercihen ağın eğitimini sürdürür. Fakat eğitimin tekrarlanması sırasında seçilen nöron, kayıp fonksiyonu değeri üzerine herhangi bir etkiye sahip değildir.

Seçilen nöronun deaktivasyonu, eğitimin sürdürülmesi sırasında parametrelerin değerlerinin ve dolayısıyla ağın, eğitim veri dizilerine aşırı uyum gösterme durumunun azaltılabilmesi bakımından avantaja sahiptir. Bu şekilde ağın genelleme kapasitesi, süren eğitim tamamlandıktan sonra seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak arttırılabilir. Ağın yüksek bir genelleme kapasitesi özellikle eğitilmiş ağın kullanım aralığını arttırır.

Örnek bir düzenlemeye göre parametrenin değerleri, sinir ağının yukarıda bahsi geçen ağırlık değerlerini içerir. Bu düzenlemede ikinci iletişim birimi, her durumda eğitim sırasında sinir ağının iki nöronu arasındaki ilgili bağlantının kuvvetine işaret eden ağırlık değerlerindeki değişimleri izlemek üzere tasarlanır. Bu düzenlemede ikinci iletişim birimi ayrıca, seçilen nöron ve sinir ağının bir diğer nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden seçilen nöronun ağırlık değerindeki bir değişimin, ağırlık değerlerinin izlenen tüm değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen bir birinci sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanır. Bu düzenlemede bir diğer nöron, seçilen nöron katmanına göre ağın yukarı akış veya aşağı akış katmanında bulunabilir.

Bu düzenleme avantajlı olarak, geriye kalan nöronların ağırlık değerlerindeki değişimlere kıyasla bunun ağırlıklarından birinin değerindeki en yüksek değişime sahip olan ağın nöronlarına ait ilgili nöronu seçmenin ve deaktive etmenin avantajlı olduğuna dair

gözleme dayanır. Gözlemler yoluyla ağların bir nöronunun, ağın aşırı uyum göstermesine yönelik desteğinin genellikle, eğitim sırasında bunun ağırlık değerlerindeki değişimler ne kadar yüksek olursa o kadar yüksek olduğu gösterilmiştir. Nöronların seçilmiş nöronun, ağırlık değerindeki bir değişimin, ağırlık değerlerinin izlenen tüm değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve akabinde deaktive edileceği şekilde belirlenmesi halinde, seçilen nöronun aşırı uyuma yönelik desteği ortadan kaldırılabilir. Bu şekilde ağın aşırı uyum riski azaltılabilir.

Bir diğer düzenlemeye göre ikinci iletişim birimi, çok sayıda eğitim dönemi boyunca ağırlık değerlerindeki değişimleri izlemek üzere tasarlanır. Bu düzenlemede ikinci iletişim birimi ayrıca, dönemler boyunca seçilen nöron ve sinir ağının bir diğer nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden seçilen nöronun ağırlık değerindeki ortalama değişimin, dönemler boyunca ağırlık değerlerinin izlenen tüm ortalama değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen bir ikinci sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanır.

Prensip olarak, nöronların arasında ağırlık değerinde en yüksek değişime sahip olan ilgili nöronun, eğitim döneminden eğitim dönemine farklılık göstermesi mümkündür. Bu durum örneğin, eğitim döneminden eğitim dönemine nöronların ağırlık değerlerindeki değişimlerin seviyesinin salınımından kaynaklanabilir. Yukarıda bahsi geçen bir diğer düzenlemede tercihen, eğitim dönemleri boyunca ağırlıklarından birinin değerindeki ortalama değişiminin en yüksek olduğu ilgili nöronun seçilmesi ve deaktive edilmesi yoluyla bu etki dikkate alınır. Böylelikle seçilen nöron, birçok eğitim dönemi boyunca ortalama olarak ağın aşırı uyumu üzerine en güçlü etkiye sahip olan ilgili nöron olarak belirlenebilir.

Bir geliştirmede ikinci iletişim birimi, birçok eğitim dönemi boyunca ağırlık değerlerinin değişimlerini izlemek ve seçilen nöron ve sinir ağının bir diğer nöronu arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eden seçilen nöronun ağırlık değerindeki bir dalgalanmanın, dönemler boyunca izlenen ağırlık değerlerinin tüm dalgalanmaları arasında dönemler boyunca en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen üçüncü bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanır.

Sinir ağlarının eğitimi sırasında yapılan deneyler, nöronların ağırlık değerlerinde kuvvetli bir dalgalanmanın aynı zamanda, ağırlıkların değerlerinin eğitim verilerine aşırı uyum

gösterdiğine yönelik bir işaret olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle bu varyantta tercihen, birçok eğitim dönemi boyunca ağırlıklarından birinin değerindeki değişiminin en yüksek dalgalanmaya sahip olduğu ilgili nöron seçilir ve deaktive edilir.

Bir diğer düzenlemede değer parametrelerinin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden, nöronların yukarıda bahsi geçen eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin, eğitim sırasında eşik değerlerindeki değişimleri izlemek üzere tasarlanması sağlanır. Bu düzenlemede ikinci iletişim birimi, seçilen nöronun bir aktivasyonun eşiğine işaret eden seçilen nöronun bir eşik değerindeki bir değişimin, eşik değerlerinin izlenen tüm değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen dördüncü bir değeri aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanır.

Bir nöronun eşik değerindeki bir değişimin seviyesinin ayrıca, söz konusu nöronun aşırı uyarlanmayı ne kadar destekleyeceğine dair bir işaret olabileceği gösterilmiştir. Eşik değerlerindeki değişimlere dayanarak seçilen nöronu belirlemenin avantajı eğitim sırasında yalnızca ilgili nöronun bir parametre değerini izlemenin gerekli olması ve nöronların ağırlık değerlerindeki değişimleri izleme durumunda olduğu gibi ilgili nöronun birçok parametresine ait değerleri izlemenin gerekli olmaması olabilir. Bu şekilde hesaplama zamanından tasarruf edilebilir. Buna ek olarak seçilen nöronun eşik değerindeki değişim ayrıca, eğitim sırasında seçilen nöronun ağırlık değerlerindeki değişim dahil olmak üzere, seçilen nöronun parametrelerinin değerlerindeki bir değişim üzerine bir tür özet bilgi olarak ele alınabilir. Yalnızca nöronların eşik değerlerindeki değişimlerin dikkate alınması durumunda, aşırı uyuma en çok katkısı olan ilgili nörona kıyasla, seçilen nöronu daha büyük bir doğruluk ile belirlemek böylelikle mümkün olur.

Bir geliştirmede ikinci iletişim birimi, birçok eğitim dönemi boyunca eğitim sırasında eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve dönemler boyunca, seçilen nöronun bir aktivasyon eşiğine işaret eden seçilen nöronun bir eşik değerindeki ortalama bir değişimin, dönemler boyunca eşik değerlerinin izlenen tüm ortalama değişimleri arasında en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen beşinci bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanır.

Prensip olarak, nöronların arasında eşik değerinde en yüksek değişime sahip olan ilgili nöronun, eğitim döneminden eğitim dönemine farklılık göstermesi mümkündür. Bu

durum örneğin, eğitim döneminden eğitim dönemine nöronların eşik değerlerindeki değişimlerin seviyesinin salınımından kaynaklanabilir. Yukarıda bahsi geçen geliştirmede tercihen, eğitim dönemleri boyunca eşik değerindeki ortalama değişiminin en yüksek olduğu ilgili nöronun seçilmesi ve deaktive edilmesi yoluyla bu etki dikkate alınır. Böylelikle eşik değerleri dikkate alındığında seçilen nöron, birçok eğitim dönemi boyunca ortalama olarak ağın aşırı uyumu üzerine en güçlü etkiye sahip olan ilgili nöron olarak belirlenebilir.

Ayrıca ikinci iletişim birimi, birçok eğitim dönemi boyunca eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve seçilen nöronun bir aktivasyon eşiğine işaret eden seçilen nöronun bir eşik değerindeki bir dalgalanma, dönemler boyunca eşik değerlerinin izlenen tüm dalgalanmaları arasında dönemler boyunca en büyüğü olacağı ve önceden belirlenen altıncı bir sınır değerini aşacağı şekilde nöronların seçilen nöronunu belirlemek üzere tasarlanır.

Sinir ağlarının eğitimi sırasında yapılan deneyler, nöronların eşik değerlerinde kuvvetli bir dalgalanmanın aynı zamanda, ağın eğitim verilerine aşırı uyum gösterdiğine yönelik bir işaret olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle bu varyantta tercihen, birçok eğitim dönemi boyunca eşik değerlerindeki değerindeki değişiminin en yüksek dalgalanmaya sahip olduğu ilgili nöron seçilir ve deaktive edilir.

Bu amaçla birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı sınır değerlerinin her biri, ağırlıkların değerlerindeki veya eşik değerlerindeki nispeten küçük değişimlerin nöronlardan birinin deaktivasyonuna neden olmasını engellemek üzere kullanılır. Ağırlıkların değerlerindeki veya eşik değerlerindeki değişimlerin ilgili sınır değerlerinin altında olması halinde, nöronlardan hiçbiri seçilen nöron olarak belirlenmez. Sınır değerleri deneyler ile belirlenir ve genellikle eğitim veri dizilerine dayanarak ağın yaklaştırılmasının gerekli olduğu teknik bağlama bağlıdır. Yukarıda bahsi geçen eğitimden sonra gerçekleştirilebilen bir test eğitiminde aşırı uyum saptandığında örneğin, ağırlıkların değerindeki ve/veya eşik değerlerindeki en yüksek değişim araştırılabilir. Değişimin bu şekilde bulunan değerleri daha sonraki eğitimde birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci veya altıncı sınır değeri olarak kullanılabilir.

Ayrıca bir araca yönelik bir iletişim sistemi önerilir. İletişim sistemi en az bir birinci iletişim birimine ve bir ikinci iletişim birimine ve nöronları olan bir sinir ağına sahiptir. Birinci

iletişim birimi, veri iletimine yönelik olarak aracın bir sensörüne bağlanabilir ve aracın bir kontrol aparatına entegre edilebilir. Ayrıca birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine göndermek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, verileri almak ve verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerini oluşturmak üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi, eğitim veri dizilerine bağlı olarak araçta sinir ağının kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının parametrelerinin değerlerinin değişimlerini saptamak üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi ayrıca, parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek ve seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının eğitimini sürdürmek üzere tasarlanır. İletişim sistemi, özellikle birinci ve ikinci iletişim birimi, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre düzenlenebilir.

Ayrıca, araçta sinir ağının kullanımına yönelik olarak bir araçtaki iletişim sisteminin bir sinir ağını eğitmeye yönelik bir yöntem sunulur. İletişim sistemi en az bir birinci iletişim birimine, bir ikinci iletişim birimine ve nöronları olan sinir ağına sahiptir. Yöntem, aşağıdaki adımları içerir.

Birinci adımda, sensör veya sensör aparatı yardımıyla oluşturulan veriler, birinci iletişim birimi yardımıyla ikinci iletişim birimine gönderilir. İkinci adımda veriler, özellikle işletim verileri ikinci iletişim birimi yardımıyla alınır. Üçüncü adımda eğitim veri dizileri, verilere bağlı olarak ikinci iletişim birimi yardımıyla oluşturulur.

Dördüncü adımda ağın eğitimi, eğitim veri dizilerine bağlı olarak gerçekleştirilir. Eğitim, yukarıda açıklanan varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Özellikle ağın eğitiminin uygulanması, ikinci iletişim birimi yardımıyla gerçekleştirilir. Beşinci adımda, eğitim sırasında ağın parametrelerinin değerlerindeki değişimler saptanır. Altıncı adımda ağın nöronlarına ait en az bir nöron, ağın parametrelerine ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak seçilir. Bu durum, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir.

Yedinci adımda, seçilen nöron deaktive edilir. Yedinci adımda seçilen nöronun deaktivasyonunun gerçekleştirilmesi burada, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Sekizinci adımda ağın eğitimi, seçilen nöronun aktivasyonu

dikkate alınarak sürdürülür. Özellikle ağın eğitimi, daha önce deaktive edilen seçilmiş nöronun bir diğer eğitim üzerinde herhangi bir etkisi olmayacak şekilde sürdürülür.

Ayrıca, bir veya daha fazla işlemci ile yürütülebilen komutlara sahip olan bir bilgisayar programı ürünü önerilir. Komutların yürütülmesi, işlemcinin veya işlemcilerin önerilen yöntemi gerçekleştirmesini sağlar. Bilgisayar programı ürünü örneğin, ikinci iletişim biriminin ikinci işlemcisinde yürütülebilir.

Tercih edilen düzenleme örnekleri, aşağıdaki şekillere dayanarak daha detaylı bir şekilde açıklanır. Bağlı istemler, buluşun diğer avantajlı düzenlemelerini açıklar. Şematik olarak

Şekil 1 bir sensöre ve en az bir birinci iletişim birimi ve bir ikinci iletişim birimi ve nöronları olan bir sinir ağı içeren bir iletişim sistemine sahip olan bir aracı gösterir;

Şekil 2 başka sensörleri olan, Şekil 1'de gösterilen aracın bir diğer varyantını gösterir;

Şekil 3 Şekil 1'de gösterilen sinir ağının eğitilmesine yönelik eğitim veri dizilerini gösterir;

Şekil 4 detaylı bir görünüşte Şekil 1'de gösterilen sinir ağını gösterir;

Şekil 5 Şekil 4'te gösterilen sinir ağının eğitilmesine yönelik adımları gösterir.

Referans Listesi

1	Birinci iletişim birimi
2	İkinci iletişim birimi
3	Araç
4	İletişim sistemi
5	Sinir ağı
6_1	Birinci sensör
6_2	İkinci sensör
6_i	i sırasındaki sensör

6_n	n sırasındaki sensör
7	İşlemci
8	Bellek
9	ML modülü
10	Veriyolu
11	Akıllı sensör
20	İşletim veri dizisi
20_1	Birinci işletim veri dizisi
20_2	İkinci işletim veri dizisi
20_j	j sırasındaki işletim veri dizisi
20_m	m sırasındaki işletim veri dizisi
20_{11}	Birinci işletim verisi
20_{12}	İkinci işletim verisi
20_{1i}	i sırasındaki işletim verisi
20_{1n}	n sırasındaki işletim verisi
20_{21}	Birinci işletim verisi-2
20_{22}	İkinci işletim verisi-2
20_{2i}	i sırasındaki işletim verisi-2
20_{2n}	n sırasındaki işletim verisi-2
20_{j1}	Birinci işletim verisi-3
20_{j2}	İkinci işletim verisi-3
20_{ji}	i sırasındaki işletim verisi-3
20_{jn}	n sırasındaki işletim verisi-3
20_{m1}	Birinci işletim verisi-4
20_{m2}	İkinci işletim verisi-4
20_{mi}	i sırasındaki işletim verisi-4
20_{mn}	n sırasındaki işletim verisi-4
21	Eğitim değeri
21_1	Birinci eğitim değeri
21_2	İkinci eğitim değeri
21_j	j sırasındaki eğitim değeri
21_m	m sırasındaki eğitim değeri
22	Eğitim veri dizileri
22_1	Birinci eğitim veri dizisi
22_2	İkinci eğitim veri dizisi

22_j j sırasındaki eğitim veri dizisi
22_m m sırasındaki eğitim veri dizisi
30 Giriş
30_1 Birinci giriş
30_2 İkinci giriş
30_i i sırasındaki giriş
30_n n sırasındaki giriş
30_{j1} Birinci giriş-2
30_{j2} İkinci giriş-2
30_{ji} i sırasındaki giriş-2
30_{jn} n sırasındaki giriş-2
31 Birinci gizli katman
31_1 Birinci nöron
31_2 İkinci nöron
31_3 Üçincü nöron
32 İkinci gizli katman
32_1 Birinci nöron-2
32_2 İkinci nöron-2
33 Çıkış nöronu
36 Çıkış değeri
41 Birinci ağırlık
42 İkinci ağırlık
43 Üçüncü ağırlık
101 Birinci adım
102 İkinci adım
103 Üçüncü adım
104 Dördüncü adım
105 Beşinci adım
106 Altıncı adım
107 Yedinci adım
108 Sekizinci adım

Şekil 1, en az bir birinci iletişim birimi (1) ve bir ikinci iletişim birimi (2) ve nöronları olan bir sinir ağı (5) içeren bir iletişim sistemine (4) sahip olan bir aracı (3) gösterir. Şekil 1'de gösterilen varyantta birinci iletişim birimi (1), veri iletimine yönelik olarak aracın (3) en az

bir birinci sensörüne (6_1) bağlanır. Şekil 1, birinci iletişim biriminin (1), akıllı sensörün (11) bir kısmı olduğu bir varyantı gösterir. Akıllı sensör (11) burada birinci iletişim birimine (1), özellikle birinci iletişim biriminin (1) bir mikroişlemcisine yönelik bir bağlantıya sahip olan birinci sensörü (6_1) içerir. Alternatif veya ek olarak birinci iletişim birimi (1), şekillerde gösterilmeyen aracın (3) bir kontrol aparatına entegre edilebilir.

Birinci iletişim birimi (1), en azından birinci sensör (6_1) ve/veya kontrol birimi yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi (2) tercihen bir işlemciye (7) ve bir belleğe (8) sahiptir. Sinir ağı (5) tercihen belleğe (8) soyut formda, örneğin yukarıda açıklanan yapı dosyası formunda depolanır. Sinir ağı (5) simüle etmek üzere ikinci iletişim birimi (2) tercihen bir ML modülüne (9) sahiptir. ML modülü (9) avantajlı bir şekilde yukarıda bahsi geçen ML modülünün yukarıda açıklanan fonksiyonlarına sahip olabilir ve yukarıda bahsi geçen ML modülü ile açıklanan hesaplama adımlarını gerçekleştirmek üzere düzenlenebilir.

İkinci iletişim birimi (2), verileri almak ve verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerini (22) oluşturmak üzere tasarlanır. Ayrıca ikinci iletişim birimi (2), eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasın yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi (2), eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının (5) nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi (2) aynı zamanda, seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek ve seçilen nöronun deaktivasyonu dikkate alınarak sinir ağının (5) eğitimini sürdürmek üzere tasarlanır.

İkinci iletişim birimi (2), aşağıda aynı zamanda işletim verileri olarak adlandırılan, en azından birinci sensör (6_1) ve/veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verilere dayanarak eğitim veri dizilerini (22) oluşturur. Avantajlı olarak birinci sensör (6_1) ve/veya kontrol aparatı, işletim verilerini farklı zaman noktalarında oluşturur. Bir varyanta göre ikinci iletişim birimi (2), birçok işletim veri dizisi (20) formunda işletim verilerini oluşturabilir. Burada işletim veri dizilerinin (20) ilgili işletim veri dizisi, zaman noktalarının ilgili zaman noktasına karşılık gelir. Özellikle ilgili işletim veri dizisinin verileri, ilgili işletim veri dizisine karşılık gelen ilgili zaman noktasında oluşturulur.

Dolayısıyla işletim veri dizileri (20) örneğin, birinci zaman noktasında oluşturulan birinci işletim veri dizisini (20_1), ikinci zaman noktasında oluşturulan ikinci işletim veri dizisini (20_2), m sırasındaki zaman noktasında oluşturulan m sırasındaki işletim veri dizisine (20_m) kadar j sırasındaki zaman noktasında oluşturulan j sırasındaki işletim veri dizisini (20_j) içerebilir. Toplam m sayıda zaman noktalarının ilgili zaman noktasında her durumda bir veya daha fazla işletim verisi, örneğin toplam n sayıda işletim verisi oluşturulabilir. İlgili zaman noktasında üretilen işletim verileri, ilgili zaman noktasında aracın ilgili durumunu temsil edebilir.

Şekil 3 örneğin birinci işletim verisini (20_{11}), ikinci işletim verisini (20_{12}), i sırasındaki işletim verisini (20_{1i}) ve birinci işletim veri dizisinin (20_1) n sırasındaki işletim verisini (20_{1n}) gösterir. Şekil 3 ayrıca birinci işletim verisi-2'yi (20_{21}), ikinci işletim verisi-2'yi (20_{22}), i sırasındaki işletim verisi-2'yi (20_{2i}) ve ikinci işletim veri dizisinin (20_2) n sırasındaki işletim verisi-2'yi (20_{2n}) gösterir. Buna uygun olarak Şekil 3, birinci işletim verisi-3'ü (20_{j1}), ikinci işletim verisi-3'ü (20_{j2}), i sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{ji}) ve j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) n sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{jn}) gösterir. Sadelik bakımından Şekil 3 ayrıca birinci işletim verisi-4'ü (20_{m1}), ikinci işletim verisi-4'ü (20_{m2}), i sırasındaki işletim verisi-4'ü (20_{mi}) ve m sırasındaki işletim veri dizisinin (20_m) n sırasındaki işletim verisi-4'ü (20_{mn}) gösterir. Aşağıda j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), m sırasındaki işletim veri dizisine (20_m) kadar birinci işletim veri dizisini (20_1) içeren işletim veri dizilerinden (20) birini temsil etmelidir, burada j, 1 ile m arasında bir değer alabilir.

Şekil 3 aracın, birinci sensörün (6_1) yanı sıra n sırasındaki birinci sensöre (6_n) kadar ikinci sensör (6_2) dahil olmak üzere diğer sensörlere sahip olduğu Şekil 1'de gösterilen düzenlemenin bir varyantını gösterir. N sensörlerin örnek niteliğindeki bir sensörüne aşağıda i sırasındaki sensör (6_i) olarak da işaret edilir. Şekil 3'te gösterilen varyantta ilgili birinci işletim verisi (birinci işletim verisi (20_{11}), birinci işletim verisi-2 (20_{21}), … birinci işletim verisi-3 (20_{j1}), … birinci işletim verisi-4 (20_{m1})), birinci sensör (6_1), ilgili ikinci işletim verisi (ikinci iletişim verisi (20_{12}), ikinci iletişim verisi-2 (20_{22}), … ikinci iletişim verisi-3 (20_{j2}), … ikinci iletişim verisi-4 (20_{m2})) ikinci sensör (6_2), ilgili i sırasındaki işletim verisi (i sırasındaki işletim verisi (20_{1i}), i sırasındaki işletim verisi-2 (20_{2i}), … i sırasındaki işletim verisi-3 (20_{ji}), … i sırasındaki işletim verisi-4 (20_{mi})) i sırasındaki sensör (6_i) ve ilgili n sırasındaki işletim verisi (n sırasındaki iletişim verisi (20_{1n}), n sırasındaki iletişim verisi-2 (20_{2n}), … n sırasındaki iletişim verisi-3 (20_{jn}), … n sırasındaki iletişim verisi-4 (20_{mn})) n sırasındaki sensör (6_n) ile oluşturulabilir.

Sinir ağını (5) eğitmek üzere, ilgili zaman noktasında saptanan en azından ilgili sayıda işletim verisinin eşit olmasının avantajlı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle işletim veri dizilerinin (20) ilgili işleme veri dizisine ait ilgili işleme veri dizisi sayısı eşittir, yani n sayısına eşittir.

İlgili işletim verisinin saptanması ile örneğin birinci sensör (6_1), özellikle ilgili sensör (6_i) ve/veya kontrol aparatı yardımıyla ilgili işletim verisinin ölçülmesi veya belirlenmesi kastedilebilir.

Olası bir düzenlemeye göre ikinci iletişim birimi (2), her durumda ikinci iletişim biriminin (2) ilgili işletim veri dizisine (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) ilgili bir eğitim değerini (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) tahsis edeceği şekilde eğitim veri dizilerini (22) oluşturabilir. Prensip olarak ilgili işletim veri dizisine (birinci iletişim veri dizisi (20_1), ikinci iletişim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki iletişim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki iletişim veri dizisi (20_m)) aynı zamanda birçok hedef değeri içeren ilgili bir dizi tahsis edilebilir. Fakat sadelik bakımından yalnızca ayrı eğitim değerlerinin (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), j sırasındaki eğitim değeri (21_j) veya m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) kullanıldığı bir varyant açıklanabilir. Şekil 3'te gösterilen örneğe göre ilgili eğitim veri dizisi (birinci eğitim veri dizisi (22_1), ikinci eğitim veri dizisi (22_2), … j sırasındaki eğitim veri dizisi (22_j), … m sırasındaki eğitim veri dizisi (22_m)), ilgili işletim veri dizisine (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) ve ilgili eğitim değerine (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) sahiptir. İlgili j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) giriş veri dizisi olarak kabul edilebilir. İlgili j sırasındaki eğitim değeri (21_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) çıkış veri dizisi olarak kabul edilebilir.

Örnek bir uygulamaya göre ilgili eğitim değeri (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)), ilgili işletim veri dizisi (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) ile tanımlanan ilgili trafik durumu riski bakımından bir ölçüt olan ilgili bir değer olabilir. Eğitim değeri

(birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)), şekillerde gösterilmeyen bir diğer kontrol aparatı ile aracın (3) kontrol edilmesine yönelik ilgili kontrol komutlarına bağlı olarak otomatik şekilde saptanabilir. İlgili kontrol komutları örneğin, ilgili işleme veri dizisi (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) oluşturulduktan sonra ilgili bir zaman aralığı içinde bir sürücü tarafından tetiklenebilir. Olası bir düzenlemeye göre örneğin ilgili eğitim değeri (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) ne kadar yüksek olursa, ilgili zaman aralığı içinde ilgili kontrol komutları o kadar kuvvetli biçimde dalgalanır. Burada ilgili trafik durumu riski ne kadar yüksek olursa, ilgili zaman aralığı boyunca sürücü tarafından aracı kontrol etmeye yönelik yapılan düzeltme hareketleri o kadar kuvvetli olur. Düzeltme hareketleri ne kadar kuvvetli olursa genellikle ilgili kontrol komutları o kadar kuvvetli biçimde dalgalanır.

Bir diğer düzenlemeye göre sürücü, ilgili eğitim değerini (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) manuel olarak oluşturabilir. Örneğin sürücü, aracın bir arayüzüne ilgili eğitim değerini (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) ekleyerek sonradan ilgili trafik durumunu değerlendirebilir.

Şekil 4, aşağıda girişler (30) olarak da işaret edilen, bir birinci girişi (30_1), bir ikinci girişi (30_2), n sırasındaki girişe (30_n) kadar ... i sırasındaki girişi (30_i) olan sinir ağını (5) gösterir. Aşağıda i sırasındaki giriş (30_i), birinci girişi (30_1), n sırasındaki girişe (30_n) kadar ikinci girişi (30_2) içeren girişlerden (30) her birini temsil etmelidir, burada i, 1 ve n arasında bir değer alabilir. Girişler (30), giriş nöronları formunda olabilir. Sadelik bakımından aşağıda ilgili i sırasındaki girişin (30_i), sinir ağ (5) içinde ilgili i sırasındaki girişe (30_i) uygulanan sinir ağının (5) ilgili bir giriş değerini, sinir ağının (5) ilgili bir diğer nöronuna yönlendirdiği varsayılır.

Sinir ağının (5) eğitilmesi sırasında ilgili işletim veri dizisi (20_j), sinir ağının (5) girişlerine (30) uygulanır, burada j, 1 ve m arasında bir değer alır ve işletim veri dizileri (20) sırasıyla veya istenen bir sırada girişlere (30) uygulanır. Burada birinci giriş (30_1), birinci işletim verisi-3'ü (20_{j1}), ikinci giriş (30_2), ikinci işletim verisi-3'ü (20_{j2}) ... i sırasındaki giriş (30_i), i sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{ji}) ve n sırasındaki giriş (30_n), j sırasındaki işletim veri

dizisinin (20_j) karşılık gelen n sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{jn}) işler. Basit bir düzenlemeye göre ilgili işletim verisi-3'ün (20_{ji}) işlenmesi, ilgili i sırasındaki giriş (30_i) yardımıyla sinir ağının (5) içindeki ilgili işletim verisi-3'ün (20_{ji}) yönlendirilmesini içerebilir. J sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) sinir ağının (5) eğitimine yönelik kullanılması halinde, j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) ilgili i sırasındaki işletim verisi-3 (20_{ji}), sinir ağının (5) ilgili i sırasındaki girişinin (30_i) giriş değerine karşılık gelir.

Şekil 4 ayrıca örnek olarak, en azından birinci nörona (31_1), ikinci nörona (31_2) ve üçüncü nörona (31_3) sahip sinir ağının (5) birinci gizli katmanı (31) ve en az bir birinci nöron-2'ye (32_1) ve bir ikinci nöron-2'ye (32_2) sahip sinir ağının (5) ikinci gizli katmanını (32) gösterir.

Ağın (5) gizli katmanlarının sayısı pratikte belirgin şekilde yüksek olabilir ve ayrıca ilgili gizli katmandaki ilgili nöronların sayısı birçok durumda aynı şekilde Şekil 4'te gösterilenden belirgin şekilde daha yüksektir. Örneğin gizli katmanların sayısı, 10 ile 100 arasında olabilir ve ilgili gizli katmanın ilgili nöronlarının sayısı örneğin 5 ila 100 arasında değerler alabilir. Şekil 4'te gösterilen sinir ağ (5), sinir ağının (5) çıkış değerinin (36), girişlere (30) uygulanan giriş değerlerine bağlı olarak sinir ağının (5) içinde hesaplanan değerlerin bir ileri yayılımı ile nasıl hesaplanabildiğini yalnızca örnek olarak gösterir.

Dolayısıyla örneğin ikinci iletişim birimi (2), özellikle ML modülü (9) yardımıyla, her biri farklı değerlere sahip olabilen birinci ağırlıklar (41) vasıtasıyla, girişlerin (30) giriş değerlerine bağlı olarak birinci nöronun (31_1), ikinci nöronun (31_2) ve birinci gizli katmanın (31) üçüncü nöronunun (31_3) ilgili aktivasyon fonksiyonuna yönelik olarak bir giriş değerini hesaplayabilir. Burada j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) işletim verilerinin yukarıda açıklandığı üzere girişlerde (30) bulunduğu ve birinci gizli katmanın (31) nöronlarına yönlendirildiği varsayılır. Örnek olarak, ilgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) bağlı olarak birinci nöronun (31_1) aktivasyon fonksiyonuna yönelik giriş değerinin olası bir hesaplaması aşağıda verilir:

$$in_1 = -\vartheta_1 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i1} \cdot 20_{ji}) \ ,$$

burada in_1 birinci nöronun (31_1) aktivasyon fonksiyonunun giriş değerine, ϑ_1 birinci nöronun (31_1) bir eşik değerine, w_{i1} birinci nöron (31_1) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasında birinci ağırlıkların (41) ilgili ağırlığının bir değerine işaret eder, burada i, 1 ila n arasında değerleri alabilir. Birinci nöronun (31_1) bir çıkış değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$out_1 = f_act_1\left(-\vartheta_1 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i1} \cdot 20_{ji})\right),$$

burada f_act_1 birinci nöronun (31_1) aktivasyon fonksiyonuna ve out_1 birinci nöronun (31_1) çıkış değerine işaret eder. Benzer şekilde ikinci iletişim birimi (2), birinci gizli katmanın (31) ikinci nöron (31_2) ve üçüncü nöronlarının (31_3) aktivasyon fonksiyonuna ait ilgili giriş değerine bağlı olarak, her durumda birinci gizli katmanın (31) ilgili nöronlarının (ikinci nöron (31_2), üçüncü nöron (31_3)) bir çıkış değerini ilgili j sırasındaki işletme veri dizisine (20_j) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplayabilir:

$$out_2 = f_act_2\left(-\vartheta_2 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i2} \cdot 20_{ji})\right),$$

$$out_3 = f_act_3\left(-\vartheta_3 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i3} \cdot 20_{ji})\right),$$

burada f_act_2 ikinci nöronun (31_2) aktivasyon fonksiyonuna, out_2 ikinci nöronun (31_2) çıkış değerine, ϑ_2 ikinci nöronun (31_2) eşik değerine, w_{i2} ikinci nöron (31_2) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasındaki birinci ağırlığın (41) ilgili bir ağırlık değerine işaret eder ve burada f_act_3 üçüncü nöronun (31_3) aktivasyon fonksiyona, out_3 üçüncü nöronun (31_3) çıkış değerine, ϑ_3 üçüncü nöronun (31_3) eşik değerine, w_{i3} üçüncü nöron (31_3) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasındaki birinci ağırlığın (41) ilgili bir ağırlık değerine işaret eder, burada i, 1 ila n arasında değerleri alabilir.

Benzer şekilde ikinci ağırlıkların (42) değerleri yardımıyla ikinci iletişim birimi (2), özellikle ML modülünün (9) yardımıyla her durumda birinci gizli katmanın (31) birinci nöronunun (31_1), ikinci nöronunun (31_2) ve üçüncü nöronunun (31_3) çıkış değerine bağlı olarak, ikinci gizli katmanın (32) birinci nöron-2'sinin (32_1) ve ikinci nöron-2'sinin (32_2) ilgili aktivasyon fonksiyonunun bir giriş değerini hesaplayabilir. Girişlerin (30) giriş değerleri yerine ikinci gizli katmanın (32) birinci nöron-2'sinin (32_1) ve ikinci nöron-2'sinin (32_2) ilgili aktivasyon fonksiyonunun giriş değerlerini belirlemek üzere, birinci gizli katmanın (31) ilgili nöronlarının (birinci nöron (31_1), ikinci nöron (31_2) ve üçüncü nöron (31_3)) çıkış değerleri kullanılabilir.

Benzer şekilde sinir ağının (5) bir çıkış nöronunun (33) aktivasyon fonksiyonunun bir giriş değeri, ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla üçüncü ağırlıkların (43) değerleri dikkate alınarak ikinci gizli katmanın (32) birinci nöron-2'sinin (32_1) çıkış değerine ve ikinci gizli katmanın (32) ikinci nöron-2'sinin (32_2) çıkış değerine bağlı olarak hesaplanabilir.

Şekil 3'te gösterilen örnekte sinir ağının (5) çıkış değeri (36), çıkış nöronunun (33) giriş değerine ve çıkış nöronunun (33) aktivasyon fonksiyonuna bağlı olarak hesaplanabilen çıkış nöronunun (33) bir çıkış değeridir. Sinir ağının (5) nöronları genellikle ilgili nöronun aktivasyon fonksiyonunun ilgili giriş değerine bağlı olarak ilgili çıkış değerini hesaplar. Sinir ağının (5) ilgili nöronunun ilgili aktivasyon fonksiyonu örneğin bir tanjant hiperbolik veya bir lojistik aktivasyon fonksiyonu olabilir.

Sinir ağının (5) eğitimi sırasında ilgili j sırasındaki işletim veri setine (20_j) yönelik olarak, ilgili j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) ilgili işletim verisi (birinci iletişim verisi-3 (20_{j1}), ikinci iletişim verisi-3 (20_{j2}) … i sırasındaki iletişim verisi-3 (20_{ji}) … n sırasındaki iletişim verisi-3 (20_{jn})) sinir ağının (5) karşılık gelen girişine (birinci giriş-2 (30_{j1}), ikinci giriş-2 (30_{j2}) … i sırasındaki giriş-2 (30_{ji}) … n sırasındaki giriş-2 (30_{jn})) gönderilerek, sinir ağının (5) ilgili çıkış değeri (36) yukarıda açıklandığı gibi hesaplanabilir. İlgili j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) yukarıda bahsi geçen giriş veri dizisine karşılık gelir, burada j, 1 ila m arasında değerleri alır. İlgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) bağlı olarak hesaplanan sinir ağının (5) ilgili çıkış değeri (36), yukarıda bahsi geçen eğitim çıkış veri dizisinin ilgili bir değerine karşılık gelir ve ayrıca aşağıda net_out_j olarak gösterilir, burada j, 1 ila m arasında değerleri alır.

İkinci iletişim birimi (2) tercihen ML modülü (9) yardımıyla yukarıda bahsi geçen kayıp fonksiyonunu örneğin aşağıdaki gibi hesaplar:

$$Loss \quad = \sum_{j=1}^{m} (net_out_j \; - \quad 21_j)^2 \; ,$$

burada $Loss$, kayıp fonksiyonun değerine ve j sırasındaki eğitim değeri (21_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) ilgili eğitim verisine işaret eder. Başka bir deyişle kayıp fonksiyonun değeri, karesi alınmış sapmalar toplanarak hesaplanabilir. İlgili sapma, sinir ağının (5) çıkış değeri (36) ve ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) j sırasındaki eğitim değeri (21_j) arasındaki farktır, burada sinir ağının (5) çıkış değeri (36), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) giriş veri dizisine, yani yukarıda bahsi geçtiği üzere ilgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) bağlı olarak hesaplanır.

Yukarıda açıklandığı üzere, örneğin ağırlıkların (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) değerlerindeki değişimler ve/veya eşik değerlerindeki ϑ_1,

ϑ_2, ϑ_3 değişimler gibi parametrelerin değerlerindeki değişimler, kayıp fonksiyonun değerini minimize etmek amacıyla bir gradyan yöntemi, özellikle geri yayılım yöntemi ile belirlenebilir.

Gradyan yönteminde kayıp fonksiyonunun değeri, sinir ağının (5) ilgili parametresinin değerine göre türetilir. Parametreler özellikle ağırlıkları (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) ve/veya eşik değerlerini ϑ_1, ϑ_2, ϑ_3. içerir. Bu şekilde hesaplanan ilgili türev, ilgili parametrenin değerindeki bir değişimi belirlemek üzere kullanılabilir. Dolayısıyla örneğin birinci nörona (31_1) yönelik olarak birinci ağırlıkların (41) değerlerindeki değişimler aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\Delta w_{i1} = -\mu \frac{\partial Loss}{\partial w_{i1}},$$

burada Δw_{i1} , birinci nöron (31_1) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasında bir bağlantı oluşturan birinci ağırlıkların (41) ilgili ağırlığının değerindeki w_{i1} bir değişime işaret eder. Değer μ, öğrenme katsayısı olarak kabul edilebilir. Öğrenme katsayısı örneğin 0,1'e eşittir.

İkinci iletişim birimi (2), örneğin ilgili parametrenin değeri ile ilgili parametrenin değerindeki ilgili değişimin toplanması yoluyla, ilgili parametrenin değerindeki ilgili hesaplanmış değişime bağlı olarak ilgili parametrenin değerinin güncellenmesini gerçekleştirebilir. Birinci nörona (31_1) yönelik olarak birinci ağırlıkların (41) değerleri örneğin aşağıdaki gibi güncellenebilir:

$$w_neu_{i1} = \Delta w_{i1} + w_{i1},$$

burada w_neu_{i1} , birinci nöron (31_1) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasında bir bağlantı oluşturan birinci ağırlıkların (41) ilgili ağırlığının değerindeki w_{i1} güncellenmiş değere işaret eder.

Sinir ağının (5) eğitilmesi, ikinci iletişim biriminin (2), tercihen ML modülü (9) yardımıyla zaman bakımından art arda gerçekleştirdiği dönemlere ayrılabilir. Dönemlerin ilgili bir dönemi boyunca, eğitim veri dizilerinin (22) çoğu, tercihen tümü, yukarıda açıklandığı üzere sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerini güncellemek amacıyla en azından bir defa kullanılır.

Buluşa göre ikinci iletişim biriminin (2), eğitim sırasında, özellikle ilgili dönem sırasında sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimleri saptamak üzere düzenlenmesi sağlanır. Parametrelerin değerlerindeki değişimlerin saptanması örneğin parametrelerin değerlerindeki değişimlerin izlenmesini içerebilir. Olası bir düzenlemeye göre ikinci iletişim birimi (2), ilgili miktarına göre parametrelerin değerlerindeki değişimleri sınırlandırabilir. Tercihen ikinci iletişim birimi (2), ilgili dönemde hesaplanan parametrelerin değerlerindeki değişimlerin sınıflandırılmış bir listesini oluşturmak ve tercihen bellekte (8) depolamak üzere tasarlanır.

İkinci iletişim birimi (2) özellikle parametrelere ait bir parametrenin değerindeki en büyük değişimi, özellikle ağırlıklara (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) ait bir ağırlığın değerindeki en büyük değişimi tercihen listeye dayanarak belirlemek üzere tasarlanır.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi (2), parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak sinir ağının (5) nöronlarına ait en az bir nöronu seçmek, yani en azından seçilen nöronu belirlemek üzere tasarlanır. Yukarıda açıklandığı üzere seçilen nöronun belirlenmesi örneğin, sinir ağının (5) nöronlarına ait ilgili nöronun, parametrelerinden birinin, örneğin ağırlıklarından birinin veya eşik değerinin değişim değerinin, eğitim sırasında, özellikle ilgili dönem sırasında tüm parametreler arasında en yüksek değişim değeri olduğu seçilen nöron olacağı şekilde gerçekleştirilebilir.

Bir alternatif varyanta göre ikinci iletişim birimi (2), çok sayıda veya yukarıda bahsi geçen dönemler sırasında sinir ağının (5) parametrelerindeki değişimlerin ortalama değerlerine sahip olan bir diğer birinci listeyi oluşturabilir. Bu varyantta ikinci iletişim birimi (2) tercihen, sinir ağının (5) nöronlarına ait ilgili nöronun, parametrelerinden birinin, örneğin ağırlıklarından birinin veya eşik değerinin değişim değerinin, dönemler sırasında diğer parametrelerdeki ilgili ortalama değişim değerlerine kıyasla birçok dönem boyunca en yüksek ortalama değişim değerine sahip olduğu seçilmiş nöron olacağı şekilde seçilmiş nöronu belirler.

Bir diğer varyanta göre ikinci iletişim birimi (2), yukarıda bahsi geçen çok sayıda dönem boyunca sinir ağının (5) parametrelerindeki değişimlerin değerlerindeki dalgalanmaların tercihen belleğe (8) depolanabilmesini sağlayan başka bir ikinci listeyi oluşturabilir. İlgili

parametrenin değişim değerinin ilgili dalgalanması örneğin, ilgili dönemlerde hesaplanan ilgili parametrenin değişim değerinin ilgili miktarının toplanması ile belirlenebilir.

Bu varyantta ikinci iletişim birimi (2), sinir ağının (5) nöronlarına ait ilgili nöronun, parametrelerinden birinin, özellikle ağırlıklarından birinin veya eşik değerinin bir değerindeki dalgalanmasının, dönemler sırasında izlenen parametrelerin değerlerindeki dalgalanmaların dönemler sırasında en yüksek olduğu seçilen nöron olacağı şekilde seçilen nöronu belirler.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi (2), seçilen nöronun deaktivasyonunu gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Aşağıda örnek olarak birinci gizli katmanın (31) birinci nöronunun (31_1) seçilen nöron olduğu varsayılır. Eğitimi sürdürmek üzere birinci nöronun (31_1) deaktive edilmesi amacıyla ikinci iletişim birimi (2), tercihen ML modülünün (9) yardımıyla, seçilen nörona gelen ağırlıkların Δw_{i1} değerlerini sıfıra eşitleyebilir ve eğitim devam ederken bu ağırlıkların değerlerindeki bir değişimi bloke edebilir. İndeks (i) burada 1 ila n aralığındadır. Bu durum, girişlerin (30) giriş değerlerinin değişmesi durumunda, sinir ağının (5) çıkış değerindeki (36) bir değişim üzerine herhangi bir etkiye sahip olmamasına neden olur. Sonuç olarak seçilen nöron, sürdürülen eğitimin sonuçlarına bu noktada bir etkisi olmaz, böylelikle seçilen nörondan kaynaklanan sinir ağının (5) aşırı uyumu azaltılmış olur. Alternatif olarak ikinci iletişim birimi (2), tercihen ML modülü (9) yardımıyla, sürdürülen eğitim sırasında birinci nöronun (31_1) çıkış değerini out_1 sabit bir değere, örneğin sıfıra ayarlar. Ayrıca ikinci iletişim biriminin (2), tercihen ML modülü (9) yardımıyla, seçilen nörondan giden ağırlıkların değerlerini sıfıra ayarlaması ve sürdürülen eğitim sırasında bu ağırlıkların bir değişimini bloke etmesi mümkündür.

İkinci iletişim birimi (2), tercihen ML modülü (9) yardımıyla avantajlı bir şekilde yukarıda açıklanan eğitim gibi sürdürülen eğitimi gerçekleştirir. Yukarıda açıklandığı üzere kayıp fonksiyonun değeri, eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak tekrar hesaplanır. Kayıp fonksiyonunun kısmi türevi vasıtasıyla akabinde ağın (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimler, yukarıda açıklandığı gibi tekrar hesaplanabilir. Fakat burada seçilen nöronun parametrelerinin değerleri artık değişmez. Bu şekilde sinir ağının (5), eğitim veri dizilerine (22) aşırı uyumu azaltılabilir.

Şekil 4, sinir ağını (5) eğitmek üzere bir yöntemin adımlarını gösterir. Birinci adımda (101) birinci iletişim birimi (1) yardımıyla, birinci sensörün (6_1) veya kontrol aparatının

yardımıyla oluşturulan veriler ikinci iletişim birimine (2) gönderilir. Şekil 2'de gösterilen düzenlemeye göre veriler, özellikle işletim verileri yalnızca birinci sensörün (6_1) yardımıyla değil, aynı zamanda ikinci sensör (6_2), i sırasındaki sensör (6_i) ve n sırasındaki sensör (6_n) dahil olmak üzere diğer sensörlerin yardımıyla oluşturulabilir. Olası bir düzenlemeye göre birinci iletişim biriminin (1) mikroişlemcisi, farklı zaman noktalarında işletim veri dizilerini (20) oluşturmak üzere tasarlanabilir.

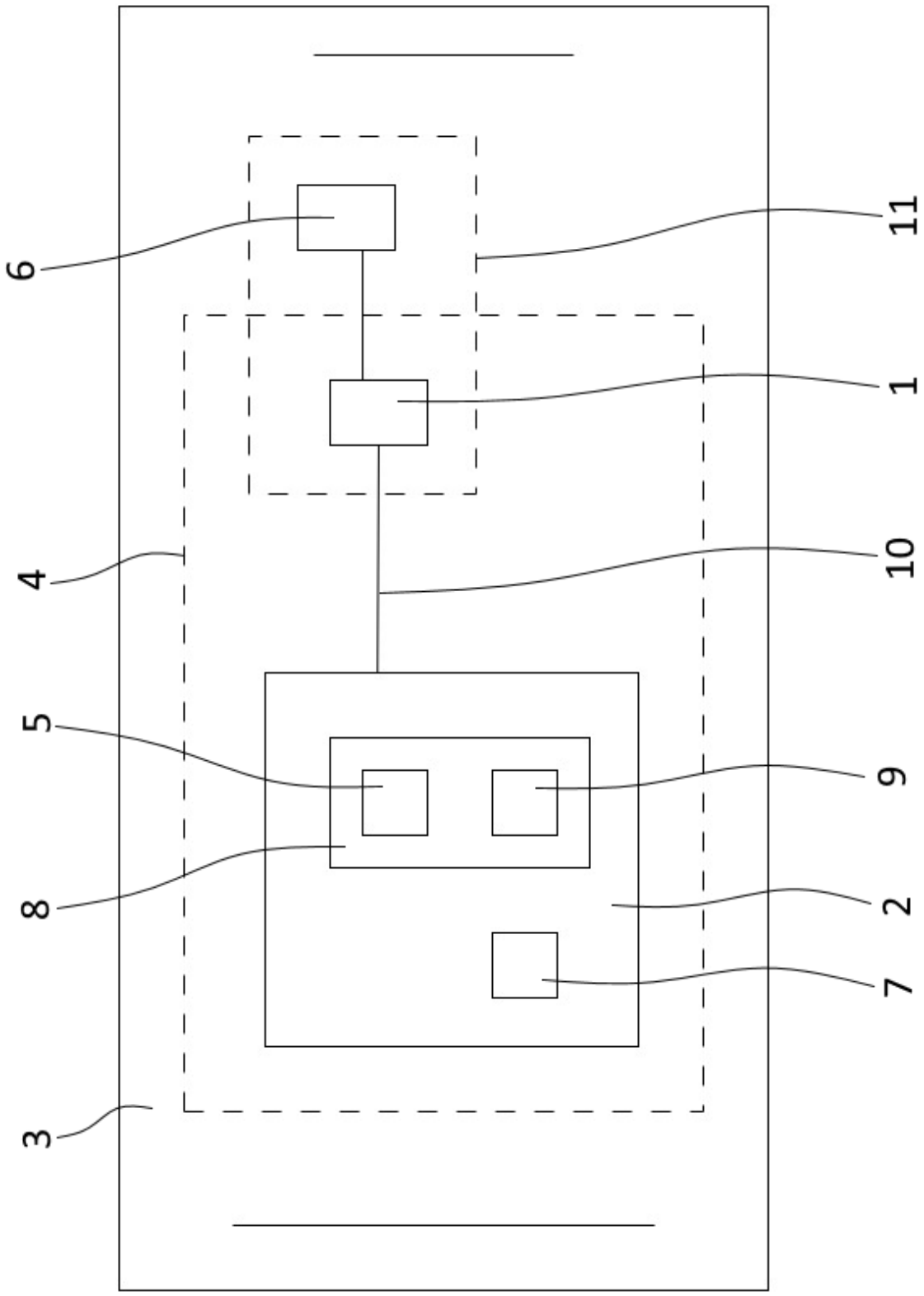
İkinci adımda (102) veriler, özellikle işletim verileri ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla alınır. Bu amaçla veriler tercihen Şekiller 1 ve 2'de gösterilen bir CAN veriyolu (10) yoluyla birinci iletişim biriminden (1) ikinci iletişim birimine (2) gönderilir.

Üçüncü adımda (103) eğitim veri dizileri (22), verilere, özellikle işleme veri dizilerine (20) ve eğitim değerlerine (21) dayanarak ikinci iletişim biriminin (2) yardımıyla oluşturulur. Burada ikinci iletişim birimi (2) eğitim verilerini (21) aynı zamanda şekillerde gösterilmeyen bir diğer kontrol aparatından veya aracın (3) sürücüsünden gelen manuel girişe yönelik olarak bir giriş cihazından alabilir.

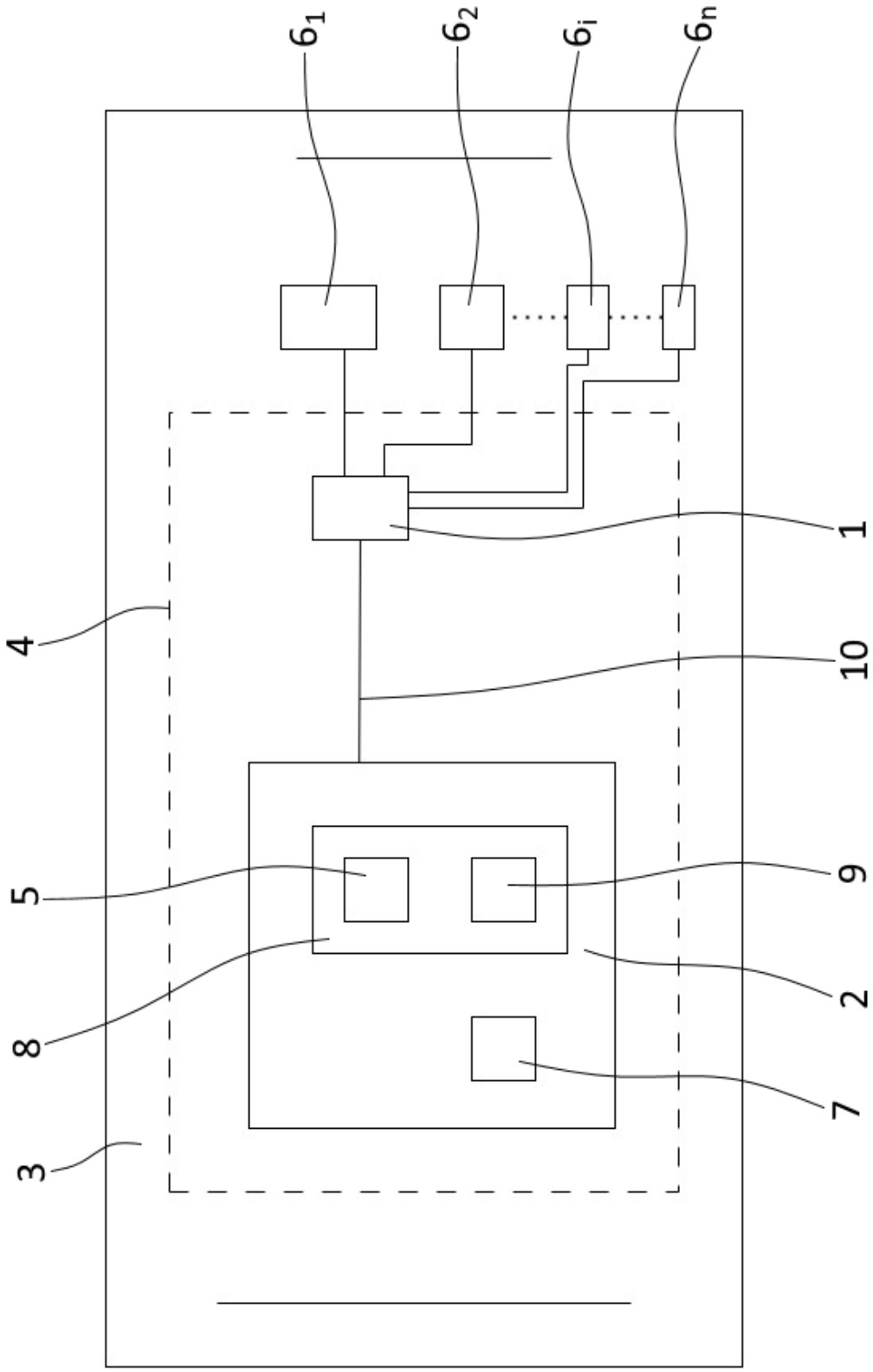
Dördüncü adımda (104) sinir ağının (5) eğitimi, eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak gerçekleştirilir. Eğitim, yukarıda açıklanan varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Özellikle ağın (5) eğitiminin uygulanması, ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla gerçekleştirilir. Beşinci adımda (105), eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimler saptanır. Böylelikle ikinci iletişim birimi (2), sinir ağının (5) eğitim dönemleri sırasında yukarıda bahsi geçen listeyi, bir diğer birinci listeyi ve/veya bir diğer ikinci listeyi oluşturabilir.

Altıncı adımda (106) sinir ağının (5) nöronlarına ait en az bir nöron, sinir ağının (5) parametrelerine ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak seçilir. Bu durum, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir.

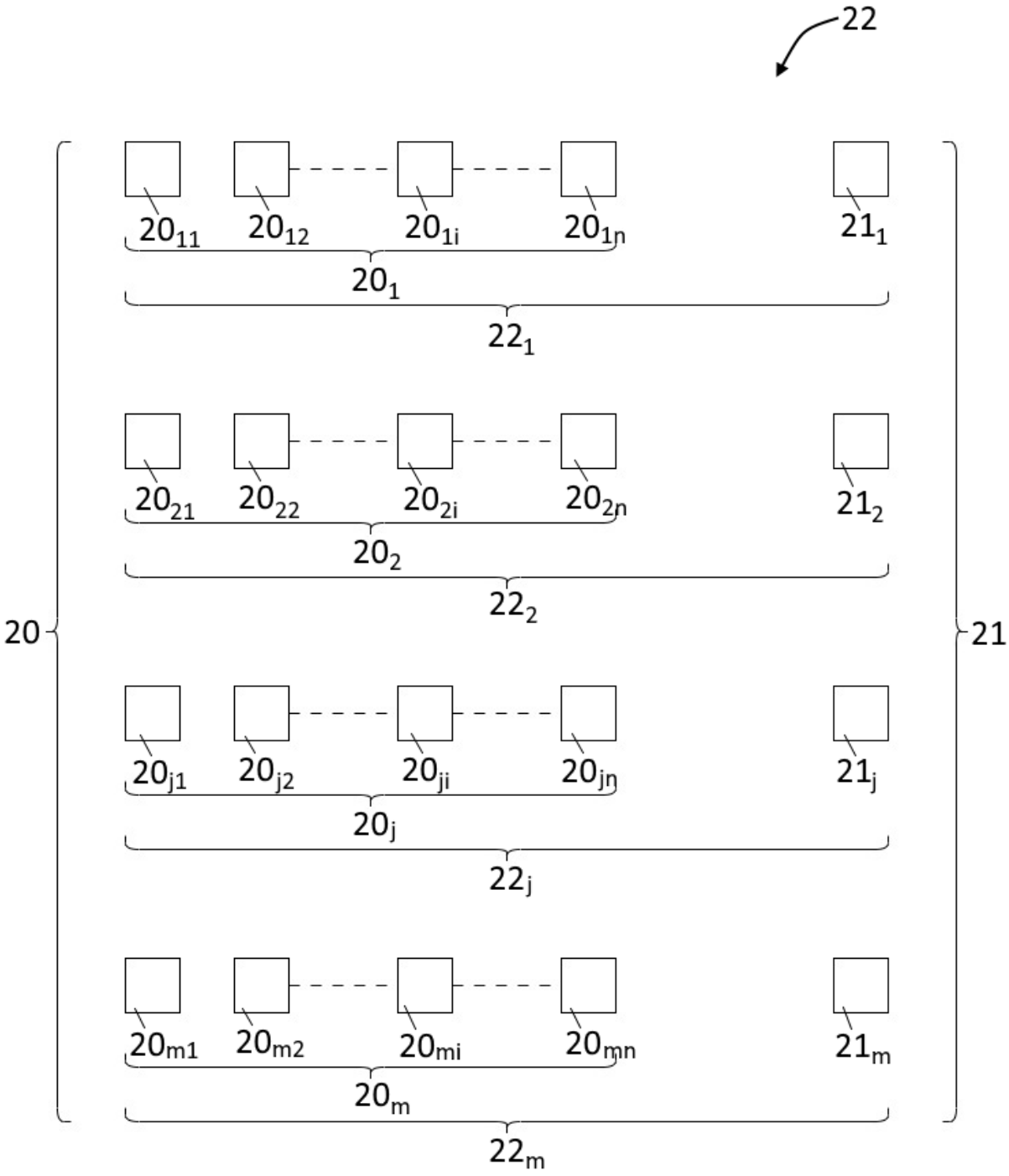
Yedinci adımda (107), seçilen nöron deaktive edilir. Yedinci adımda (107) seçilen nöronun deaktivasyonunun gerçekleştirilmesi burada, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Sekizinci adımda (108) sinir ağının (5) eğitimi, seçilen nöronun aktivasyonu dikkate alınarak sürdürülür. Özellikle sinir ağının (5) eğitimi, daha önce deaktive edilen seçilmiş nöronun bir diğer eğitim üzerinde herhangi bir etkisi olmayacak şekilde sürdürülür.



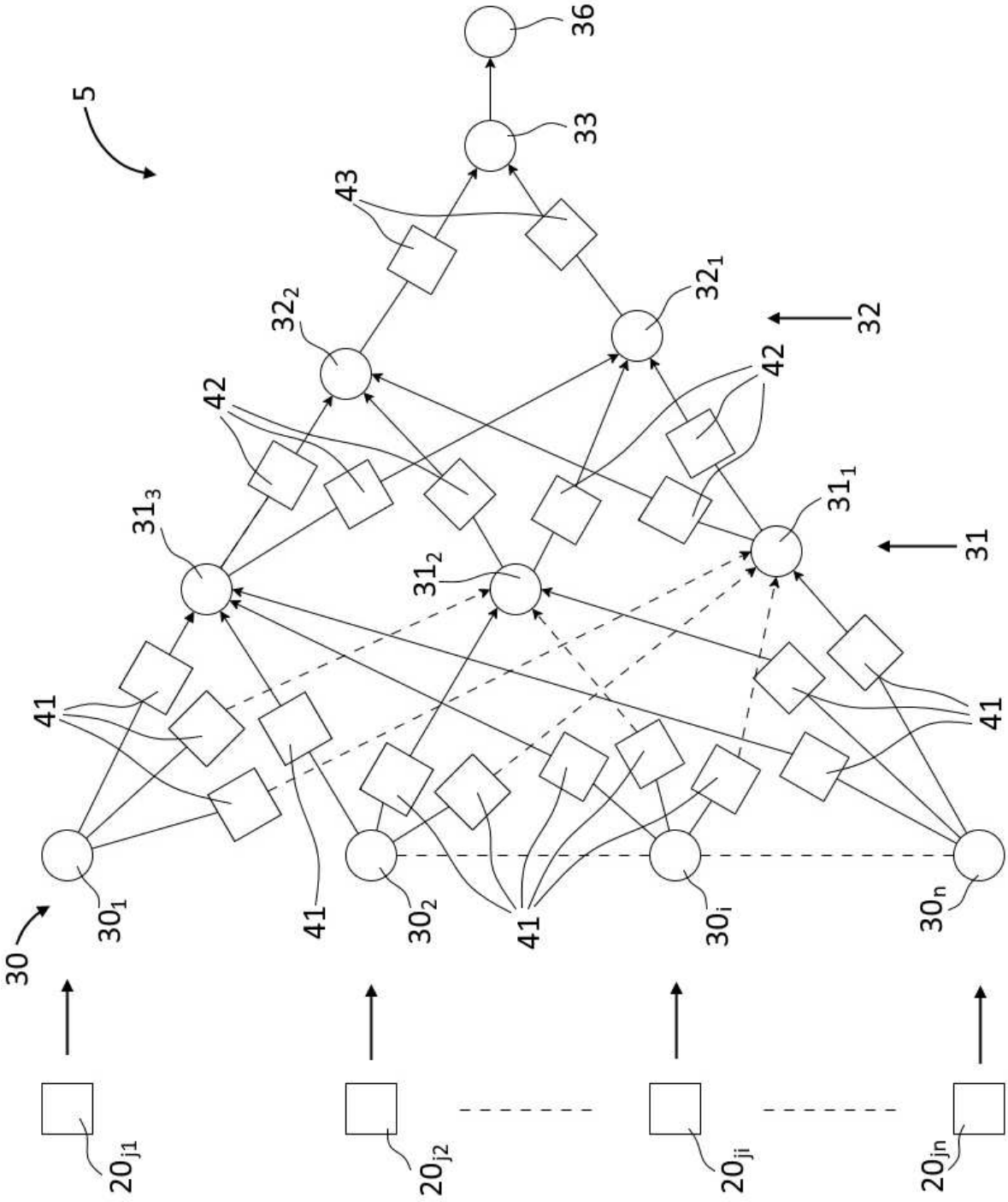
Şekil-1



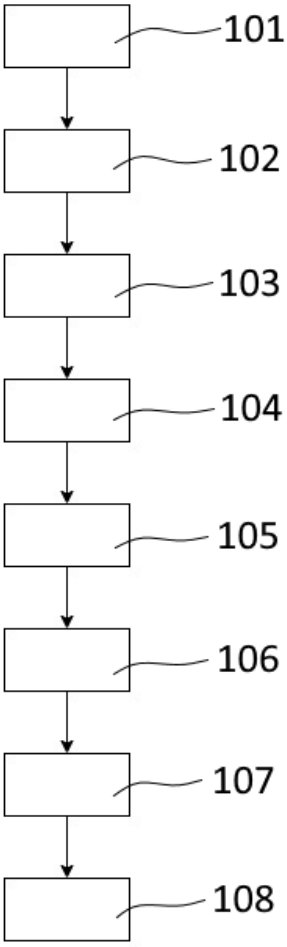
Şekil-2


22
20
21
20_{11}
20_{12}
20_{1i}
20_{1n}
21_1
20_1
22_1
20_{21}
20_{22}
20_{2i}
20_{2n}
21_2
20_2
22_2
20_{j1}
20_{j2}
20_{ji}
20_{jn}
21_j
20_j
22_j
20_{m1}
20_{m2}
20_{mi}
20_{mn}
21_m
20_m
22_m

Şekil-3


5
36
33
43
32
32_1
32_2
42
31
31_1
31_2
31_3
41
30
30_1
30_2
30_i
30_n
20_{j1}
20_{j2}
20_{ji}
20_{jn}

Şekil-4



Şekil-5