

PRoA: una Aplicación Android para el Diseño de Rutas Personalizadas

Marina Torres, David A. Pelta y José L. Verdegay

Grupo de Trabajo en Modelos de Decisión y Optimización,
Depto. de Ciencias de la Computación e I.A.,
Escuela Técnica Superior en Ingenierías Informática y de Telecomunicaciones,
Universidad de Granada, 18071, Granada, España.

Resumen Una parte considerable de la población tiene preferencias o necesidades a la hora de seleccionar una ruta, por ejemplo, necesitan rutas con pocas pendientes o sin escaleras. Sin embargo, muchas aplicaciones solo tienen en cuenta la distancia o el tiempo del recorrido. PRoA es una aplicación multicriterio inteligente para el diseño de rutas personalizadas. Considera como objetivos la reducción de la distancia, la reducción de pendientes y/o el aumento de las zonas verdes por las que las rutas propuestas pasan.

El uso de PRoA es posible en cualquier territorio cuyo mapa esté disponible en OpenStreet-Map. PRoA encuentra la ruta óptima en base a las preferencias del usuario utilizando una adaptación del algoritmo A* que ofrece a su vez dos rutas alternativas.

1. Contexto

Las actividades de intensidad media como caminar o pasear en bicicleta son beneficiosas para la salud [1]. Como indica la literatura, las variables medioambientales influyen en la actividad física [2]. Por ejemplo, según [3], la decisión de ir caminando al trabajo está relacionada con un “*buen entorno*” o “*características adecuadas*” de las posibles rutas. Además, para las personas de edad avanzada es especialmente importante caminar [4], pero suelen encontrar dificultades o impedimentos en las rutas como escaleras o pendientes muy pronunciadas. Por ello, suelen escoger las rutas para caminar en base a estas y otras características [5].

Existen aplicaciones que obtienen la ruta más corta, pero no permiten considerar otros aspectos de interés: por ej. *una ruta sin pendientes, una ruta que pase por zonas verdes y con poca pendiente, una ruta donde no importe la distancia pero que no tenga escaleras*, etc. Si pensamos, por ejemplo, en personas con discapacidad, personas mayores, familias con niños o personas en buen estado físico, vemos que el concepto de mejor ruta es subjetivo y dependiente del usuario.

Por tanto, se puede observar claramente que estamos en presencia de conceptos que pueden ser subjetivos y dependen de las preferencias de cada usuario.

Es posible encontrar otras aplicaciones como Walkonomics [6] y Vadeo [7] que se centran en criterios determinados, en rutas agradables y accesibles respectivamente. Sin embargo necesitan que los usuarios participen en la generación de las características del mapa para poder evaluar las rutas, es decir, dependen de la creación de una nueva comunidad de usuarios activos.

En este contexto surge PRoA (Personalized Route Assistant), una aplicación multicriterio inteligente para el diseño de rutas personalizadas. PRoA es una aplicación Android, orientada al diseño de rutas, que considera como objetivos la reducción de la distancia, la reducción de pendientes y/o el aumento de las zonas verdes por las que las rutas propuestas pasan.

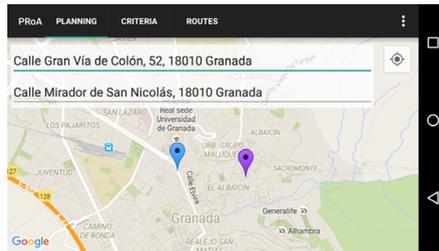


Figura 1. Especificación del plan de ruta. La aplicación permite seleccionar los puntos de origen y destino desde el mapa, o bien introduciendo las direcciones en las cajas de texto disponibles.

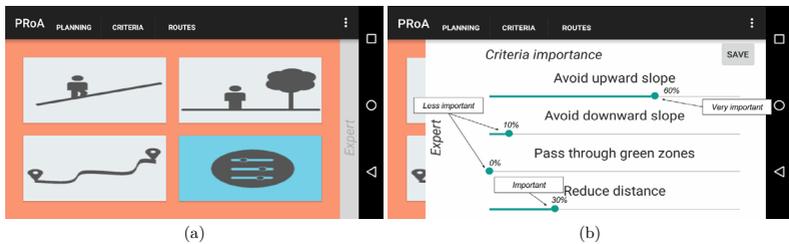


Figura 2. Perfiles predefinidos en (a): reducir pendientes, pasar por zonas verdes, reducir distancia y perfil definido por el usuario. Personalización de la importancia de los criterios en (b).

Gracias a que el usuario puede indicar cuán importante es cada criterio, se consigue personalizar la ruta en base a sus preferencias. Por ejemplo, una persona puede encontrar mejor una ruta que tiene mayor distancia pero con menor pendiente de subida y esto se consigue al dar mayor importancia a la reducción de pendientes de subida que al criterio de reducir distancia. Además, PROA permite evitar tramos con escaleras o limitar la pendiente máxima del camino tanto para pendientes de subida como para pendientes de bajada.

2. Descripción de la aplicación

El uso de PROA requiere completar tres pasos que se muestran al usuario en tres pestañas independientes. En primer lugar, el usuario debe indicar el origen y el destino de la ruta. Esta primera pestaña se muestra en la Figura 1. En segundo lugar, el usuario debe indicar sus preferencias. En la versión actual de PROA, se requiere indicar cómo de importante se considera conseguir los objetivos planteados para los criterios: reducir pendientes de subida/bajada, pasar por zonas verdes o reducir distancia.

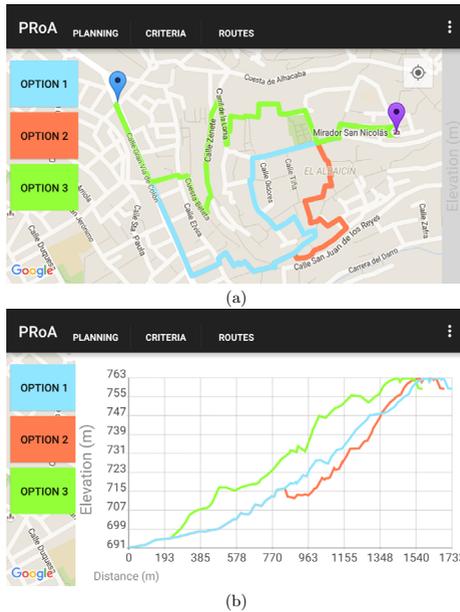


Figura 3. En (a) se muestran en el mapa las tres rutas obtenidas por PROA. “OPTION 1” indica siempre la ruta óptima, mientras que “OPTION 2” y “OPTION 3” son las rutas alternativas encontradas teniendo siempre mejor evaluación la segunda opción que la tercera. En (b) se muestra el perfil de elevación de las rutas en función de la distancia.

La aplicación proporciona tres perfiles predefinidos que se muestran la Figura 2 (a). Si ninguno de estos refleja las preferencias del usuario, éste puede personalizarlas indicando la importancia para cada criterio como se muestra en la Figura 2 (b).

Finalmente, y en tercer lugar, se accede a los resultados. PROA ofrece tres rutas que se adaptan a las preferencias del usuario. En la Figura 3 (a) se muestran la ruta óptima y dos alternativas para la distribución de preferencias del usuario mostrada en la Figura 2 (b). En esta tercera pestaña también puede consultarse el perfil de elevación de las rutas seleccionadas, Figura 3 (b). Una vez elegida una de las rutas, el sistema permite obtener las indicaciones para seguirla.

Existe también un “Menú de ajustes” o “Settings” (Figura 4) donde, entre otras opciones, el usuario puede limitar las pendientes e indicar si permite escaleras en la ruta.

La mayoría de los datos necesarios para evaluar las calles en los distintos criterios se obtienen de forma automática de OpenStreetMap (OSM). OSM es un sistema OpenData de información

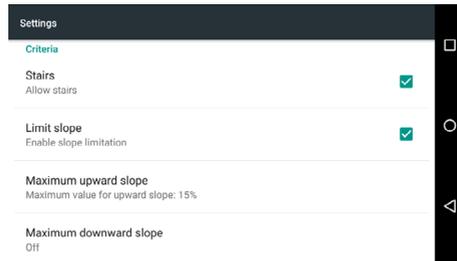


Figura 4. Ajustes de limitación de pendientes y escaleras.

geográfica que permite obtener de forma automática cualquier mapa independientemente de la localización del usuario. PRoA no tiene restricciones de uso y funciona de la misma forma en cualquier ciudad sin necesidad de configuraciones o instalaciones adicionales. Además, PRoA guarda los mapas que utiliza el usuario en una base de datos local, bajo petición del mismo. De esta manera, se dispone de una aplicación completamente funcional sin necesidad de conexiones de red (naturalmente, salvo la primera vez).

Otros servicios utilizados son OpenStreetMap Server Side Scripting, mapQuest Open Elevation Service, Google APIs (Maps Android, Directions, Elevation, Places), AndroidPlot y SQLite.

3. Métodos de resolución: agregación multi-criterio y algoritmo A* modificado

El diseño de las rutas personalizadas en PRoA consta de tres etapas claras. La primera requiere la creación del mapa a partir de datos geográficos OpenData obtenidos de OSM. En la segunda etapa tenemos a su vez dos fases, en primer lugar se realizan las evaluaciones necesarias en función de las características del mapa y posteriormente se aplica una función de agregación para obtener un coste agregado para cada calle teniendo en cuenta la importancia indicada por el usuario para cada uno de los criterios. En segundo lugar, y partiendo de los puntos de origen y destino de una ruta, se emplea un algoritmo de búsqueda A* que encuentra la ruta óptima en base a los costes agregados. Una adaptación del algoritmo A* permite obtener hasta dos rutas alternativas a la óptima, mostrando un total de tres posibles rutas adaptadas a las preferencias del usuario.

Para la segunda etapa se utilizan los siguientes elementos: $\{G, \Sigma, g, w, z\}$. Se parte de un grafo $G = \{V, E\}$ donde V es un conjunto de nodos y E de arcos. G representa el mapa de calles.

Cada elemento de E y de V , tiene asociado un conjunto de características F . Las características utilizadas son la distancia del arco, el tipo de calle del arco y la elevación de los nodos. $\Sigma = \{\text{distancia, pendiente de subida, pendiente de bajada, zonas verdes}\}$ es el conjunto de criterios. Para cada criterio se define un "objetivo" que indica si el criterio debe entenderse como un beneficio (maximización) o un costo (minimización). En la aplicación, el conjunto g de objetivos es $g = \{\text{minimizar distancia, minimizar pendiente de subida, minimizar pendiente de bajada, maximizar zonas verdes}\}$. La importancia que se le asigna a cada objetivo se transforma internamente

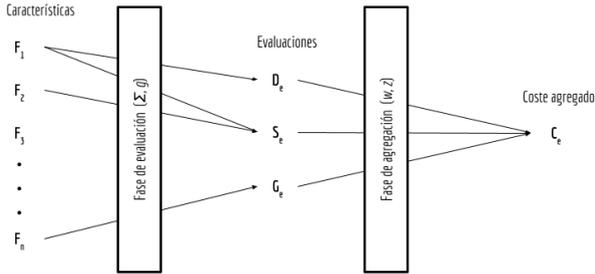


Figura 5. Fases en la segunda etapa del problema de personalización de rutas (evaluación y agregación).

a un conjunto de pesos $w = \{w_d, w_{up}, w_{down}, w_g\}$. Por último, z indica restricciones impuestas a los arcos del grafo. En concreto, $z = \{\text{limitar pendiente de subida, limitar pendiente de bajada, evitar escaleras}\}$.

En la Figura 5 se muestra el proceso general de la evaluación y agregación de los valores de los criterios de cada arco $e \in E$ del grafo que se realiza en la segunda etapa.

En primer lugar, se calcula el valor del arco en cada uno de los criterios obteniendo D_e, S_e, G_e de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} D_e &= \text{distancia}_e / \text{distancia}_{max} \\ S_e &= (\text{pendiente}_e)^2 \cdot \text{distancia}_e \\ G_e &= (1 - \text{verde}_e) D_e \end{aligned}$$

donde distancia_e es la longitud en metros del arco $e \in E$, distancia_{max} es la distancia máxima de los arcos del grafo, pendiente_e es el índice de pendiente del arco calculado a partir de las elevaciones de los dos nodos que el arco considerado conecta $\text{verde}_e \in [0, 1)$ es una evaluación de la característica del tipo de calle del arco, teniendo una evaluación mayor las calles con zonas verdes o peatonales.

En segundo lugar, estas evaluaciones se agregan para dar lugar a un par de valores $C_e = \{C_e^{up}, C_e^{down}\}$. El coste agregado es el coste que se utiliza en el algoritmo A^* modificado encargado de la construcción del camino óptimo y de sus dos alternativas. Los valores C_e^{up}, C_e^{down} se calculan como sigue:

$$\begin{aligned} C_e^{up} &= D_e w_d + S_e w_{up} + G_e w_g \\ C_e^{down} &= D_e w_d + S_e w_{down} + G_e w_g \end{aligned}$$

Cuando un arco e se recorra en sentido ascendente, el coste de ese arco será C_e^{up} , mientras que al ser en sentido descendente, se utilizará C_e^{down} .

Para la construcción de la ruta óptima se utiliza un algoritmo clásico de Inteligencia Artificial: el algoritmo A^* cuyo pseudocódigo se muestra en el Algoritmo 1.

Algoritmo 1 Pseudocódigo del algoritmo A*.

```
function A*(start, goal)
  OpenSet  $\leftarrow$  {start}
  ClosedSet  $\leftarrow$  {}
  gCost[]  $\leftarrow$   $\infty$  ▷ Inicialización con valores iniciales de infinito
  gCost[start]  $\leftarrow$  0
  hCost[start]  $\leftarrow$  gCost[start] + h(start, goal)
  while OpenSet no esté vacío do
    current  $\leftarrow$  node en OpenSet con menor valor de hCost
    if current = goal then
      return camino(current, cameFrom[]) ▷ Reconstruye el camino desde current hasta start
    end if
    for each neighbor of current do
      if neighbor no está en ClosedSet then
        newGCost  $\leftarrow$  gCost[current] + cost(current, neighbor)
        if neighbor no está en OpenSet then
          OpenSet  $\leftarrow$  OpenSet  $\cup$  {neighbor}
        end if
        if newGCost < gCost[neighbor] then
          gCost[neighbor]  $\leftarrow$  newGCost
          hCost[neighbor]  $\leftarrow$  gCost[neighbor] + h(neighbor)
          cameFrom[neighbor]  $\leftarrow$  current
        end if
      end if
    end for
    OpenSet  $\leftarrow$  OpenSet \ {current}
    ClosedSet  $\leftarrow$  ClosedSet  $\cup$  {current}
  end while
  return no se encuentra un camino
end function
```

Uno de los aspectos claves del algoritmo es la utilización de una función heurística de estimación h cuya descripción se ver en el Algoritmo 2. Esta función heurística se basa en la distancia y la pendiente estimadas desde el nodo actual hasta el nodo destino. En la implementación actual no se proporciona ninguna estimación para “cuán verde” es el segmento que aún falta por recorrer. De hecho, en un análisis preliminar hemos detectado que esta estimación no es trivial.

La ejecución del algoritmo A* devuelve el camino óptimo de acuerdo a las preferencias indicadas por el usuario. Sin embargo, hemos considerado oportuno mostrar al usuario dos rutas sub-óptimas adicionales (si fuera posible). Para ello, se realiza una segunda y una tercera ejecución del A* con el conjunto de nodos cerrados no vacío. El conjunto de nodos cerrados se inicializa con todos los nodos que pertenecen al segundo tercio de la ruta óptima. De esta manera el algoritmo A* no incluye ninguno de estos nodos en las soluciones alternativas. Esto garantiza que las alternativas, en caso de encontrarse, variarían el camino con respecto a las otras rutas obtenidas al menos en el tramo central del mismo.

Algoritmo 2 Estimación del coste para alcanzar el nodo destino *goal* desde un nodo *n*.

```
function h(n, goal)  
  if n = goal then                                     ▷ n es el nodo actual, goal es el destino  
    destino alcanzado. FIN  
  else  
    d ← distanciaEuclidea(n, goal)                       ▷ Estimación de la distancia  
    hDistancia ← d/distanciamax  
    pendiente ← (elevaciongoal - elevacionn)/d         ▷ Estimación de la pendiente  
    if d < 1 then  
      hPendiente ← 0  
    else  
      hPendiente ← pendiente2 d                       ▷ hPendiente < 0 si pendiente de bajada  
    end if  
    h ← hDistancia wd + max{hPendiente, 0}wup - min{hPendiente, 0}wdown ▷ Coste estimado  
    devolver h  
  end if  
end function
```

4. Utilidad y viabilidad de la aplicación

Como se indicó anteriormente, PRoA es una aplicación Android que implementa un sistema multicriterio inteligente para el diseño de rutas personalizadas. La resolución adecuada de este problema tiene claro impacto en el ámbito de la salud (diseño de rutas para personas mayores), en el ámbito del turismo (turistas con discapacidades físicas que deseen recorrer una ciudad) y en el ámbito de la seguridad (por ejemplo, diseño de rutas “seguras” en entornos con amenazas), por citar tres ejemplos. En síntesis, es un problema relevante, pertinente y de actualidad.

PRoA es una aplicación de gran utilidad por diversos motivos. En primer lugar, PRoA puede utilizarse en cualquier territorio cuyo mapa esté disponible en OpenStreetMap ya que los datos son obtenidos de forma automática. Incluso permite trabajar de forma offline por lo que se amplía el ámbito de aplicación a terrenos “fuera de cobertura” o dispositivos sin conexión a Internet. Además, es una aplicación sencilla, intuitiva y en tres sencillos pasos puedes obtener la ruta que se busca.

Para analizar la viabilidad de la aplicación se ha mantenido una reunión con la Confederación Granadina de Empresarios, como resultado de la cual se encuentra en preparación el diseño de un estudio de usabilidad y viabilidad a través de “onGranada Tech City” (la Asociación Cluster Granada Plaza Tecnológica y Biotecnológica).

5. Conclusiones

Los problemas asociados al diseño de rutas personalizadas son relevantes y actuales. Disponer de herramientas adecuadas para su resolución es, por tanto, una necesidad y una oportunidad clara de aplicación de técnicas de I.A.

La aplicación presentada facilita la selección de la ruta a seguir a todos aquellos usuarios que tengan preferencias sobre las características de la misma, ya sea por necesidad o por comodidad. PRoA ayuda a personas de perfiles diversos y, generalmente, poco atendidas: menores, mayores, con necesidades especiales, etc.

PRoA está disponible de forma gratuita (<http://goo.gl/1cBGdC>). Se puede consultar el vídeo explicativo (<https://youtu.be/DA1cv1XsSLE>) que muestra el funcionamiento de la aplicación y sus principales características.

PRoA se ajusta perfectamente a la visión que sobre una ciudad moderna plantea el programa H2020. PRoA es sostenible, limpia, transparente, independiente de la localización y en la mejor línea del proyecto OpenData. Es escalable en términos informativos, puesto que admite la incorporación de información geolocalizada especializada bajo demanda y es fácilmente adaptable a nuevos criterios.

Agradecimientos

D. Pelta y J.L. Verdegay agradecen el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad y de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, a través de los proyectos TIN2014-55024-P y P11-TIC-8001 (ambos incluyen Fondos FEDER).

M. Torres disfruta de un contrato predoctoral asociado al proyecto TIN2014-55024-P (Ministerio de Economía y Competitividad), co-financiada por el Fondo Social Europeo.

Referencias

1. Russell R. Pate. Physical Activity and Public Health. *JAMA*, 273(5):402, feb 1995.
2. Brian E. Saelens, James F. Sallis, and Lawrence D. Frank. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of Behavioral Medicine*, 25(2):80–91, apr 2003.
3. Cora L Craig, Ross C Brownson, Sue E Cragg, and Andrea L Dunn. Exploring the effect of the environment on physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 23(2):36–43, aug 2002.
4. K. John Fisher, M. Anthony Pickering, and Fuzhong Li. Healthy Aging Through Active Leisure: Design and Methods of SHAPE—a Randomized Controlled Trial of a Neighborhood-based Walking Project. *World Leisure Journal*, 44(1):19–28, mar 2011.
5. Hieronymus C. Borst, Sanne I. de Vries, Jamie M.A. Graham, Jef E.F. van Dongen, Ingrid Bakker, and Henk M.E. Miedema. Influence of environmental street characteristics on walking route choice of elderly people. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4):477–484, dec 2009.
6. Walkonomics - Find a Walkable Route, 2011. <http://www.walkonomics.com>.
7. Juan C. Naranjo and José L. Bayo. VADEO, 2008. <http://www.vadeo.es>.